

Gh. Mitrofan

G. Pflanzner

Inițiere

în televiziunea în culori

editura tehnică

DR. ING. **Gh. I. Mitrofan**

ING. **G. Pflanze**

Biblioteca personală



DUMITRAȘCU K & M

Inițiere în televiziunea în culori



Editura tehnică
București, 1983

CUPRINS

Prefață	7
Capitolul 1. Ce trebuie să știm despre televiziunea alb-negru	9
1.1. O idee generală despre televiziune	9
1.2. Captarea imaginilor de televiziune	11
1.3. Reproducerea imaginilor de televiziune	16
1.4. Banda de frecvență a semnalului de imagine	17
1.5. Explorarea întreșesută	19
1.6. Structura spectrului de frecvență a semnalului de imagine	20
1.7. Forma semnalului de televiziune	21
1.8. Transmiterea semnalului de televiziune	23
1.9. Schema bloc a unui televizor alb-negru	25
Capitolul 2. Cum percepem culorile	27
2.1. Noțiunea de culoare	27
2.2. Perceperea culorilor	30
2.3. Caracteristica vizibilității relative	31
2.4. Caracteristicile fotometrice ale radiațiilor luminoase	33
2.5. Definiția culorii	34
2.6. Adaptarea ochiului la strălucire	36
2.7. Adaptarea ochiului la culoare	37
2.8. Perceperea vizuală a detaliilor	39
2.9. Culorile percepute de ochi	40
Capitolul 3. Care sînt principiile colorimetriei	41
3.1. Amestecul culorilor	41
3.2. Alegerea culorilor primare	43
3.3. Măsurarea culorii	44
3.4. Reprezentarea culorilor în plan	50
3.5. Reprezentarea culorilor în spațiu	51
Capitolul 4. De ce folosim sistemul colorimetric XYZ	52
4.1. Alegerea noului sistem colorimetric XYZ	52
4.2. Trecerea de la sistemul RGB la sistemul XYZ	53
4.3. Reprezentarea culorilor în noul sistem XYZ	55
4.4. Cîteva exemple de calcule colorimetrice în sistemul XYZ	58
Capitolul 5. Cum se obțin semnalele de culoare	64
5.1. Schema simplificată a camerei de televiziune în culori	64
5.2. Fidelitatea transmisiei culorilor	66
5.3. Gama culorilor reproduse în televizor	68
5.4. Standardizarea surselor de culoare albă	71
5.5. Condițiile fidelității colorimetrice a transmisiei culorilor	71
5.6. Caracteristicile spectrale ale camerei de televiziune	75
5.7. Folosirea sursei de lumină tip A	83
Capitolul 6. Cum se poate realiza transmiterea informației de culoare prin televiziune	84
6.1. Noțiunea de sistem de televiziune în culori	84
6.2. Sisteme simultane de televiziune în culori	85

6.3. Sistem secvențial de televiziune în culori	87
6.4. Sistem compatibil de televiziune în culori	88
6.5. Fidelitatea transmisiei culorilor într-un sistem de televiziune neliniar ..	103
Capitolul 7. Cum funcționează sistemul de televiziune în culori NTSC	112
7.1. Principiile de bază ale sistemului NTSC	112
7.2. Structura codorului NTSC	129
7.3. Structura decodorului NTSC	130
7.4. Distorsiunile în sistemul NTSC	131
Capitolul 8. Cum funcționează sistemul de televiziune în culori PAL	139
8.1. Principiile de bază ale sistemului PAL	139
8.2. Structura codorului PAL	147
8.3. Structura decodorului PAL	149
8.4. Distorsiunile în sistemul PAL	153
Capitolul 9. Cum funcționează sistemul de televiziune în culori SECAM	156
9.1. Principiile de bază ale sistemului SECAM	156
9.2. Structura codorului SECAM	172
9.3. Structura decodorului SECAM	175
9.4. Distorsiunile în sistemul SECAM	179
Capitolul 10. Particularități ale aparaturii de studio	182
10.1. Transmisia filmelor în culori	182
10.2. Înregistrarea magnetică a semnalelor de televiziune în culori	186
10.3. Comutarea și mixarea semnalelor de televiziune în culori	189
Capitolul 11. Schema bloc a televizorului în culori	192
11.1. Principii de bază și particularități în comparație cu televizorul alb-negru	192
11.2. Funcționarea blocurilor dintr-un televizor în culori	193
Capitolul 12. Tubul cinescop în culori și circuite auxiliare	202
12.1. Noțiuni introductive	202
12.2. Tubul cinescop tricrom cu mască perforată, cu luminoforii dispuși în „delta“	203
12.3. Tubul cinescop tricrom cu mască perforată, cu luminoforii dispuși „în linie“ (In line)	218
Capitolul 13. Cum se realizează decodarea în televizoarele în culori PAL și SECAM	230
13.1. Noțiuni introductive	230
13.2. Decodorul de culoare PAL	230
13.3. Decodorul de culoare SECAM	263
Capitolul 14. Cum funcționează amplificatorul de luminanță	285
14.1. Circuitul de separare a semnalului de luminanță E_y	285
14.2. Linia de întârziere de luminanță	286
14.3. Circuitul de reglaj al contrastului	290
14.4. Circuitul de axare și reglaj al strălucirii	291
14.5. Etajul de ieșire	293
14.6. Exemplu practic	295
Capitolul 15. Cum funcționează matricea RGB și etajele finale RGB	297
15.1. Modul de realizarea comenzii tubului cinescop	297
15.2. Principiul realizării circuitelor de comandă RGB	299
15.3. Etajele finale de videofrecvență RGB	304
15.4. Exemplu practic	308
Bibliografie	311

PREFAȚĂ

Prezenta lucrare are rostul de a oferi cititorului posibilitatea de a lua contact cu problemele de bază ale tehnicii televiziunii în culori.

Cine poate fi cititorul acestei cărți? Cui se adresează lucrarea?

Cartea se adresează celor care sînt deja familiarizați cu tehnica televiziunii alb-negru și doresc să cunoască și tehnica televiziunii în culori. Autorii și-au propus un țel ceva mai îndrăzneț și anume: să inițieze în tainele televiziunii în culori pe oricine dorește și are cunoștințe de electricitate și de electronică elementară la nivelul unui absolvent de liceu teoretic sau de specialitate. Pentru aceștia s-a introdus un capitol în care se explică principalele procese care au loc în televiziunea alb-negru.

Avînd în vedere că tehnica televiziunii în culori se folosește astăzi și în alte domenii ale electronicii, sperăm ca lucrarea să fie utilă și specialiștilor care lucrează în aceste domenii.

Dintr-o experiență îndelungată în domeniul asimilării cunoștințelor de televiziune în culori am constatat că mulți tehnicieni și ingineri care au abordat sistemele de televiziune în culori nu stăpînesc modul cum se face trecerea de la culoare la semnal. Acesta a fost un motiv în plus care ne-a făcut să ne oprim mai detaliat asupra principiilor colorimetriei și asupra modului de obținere a semnalelor de culoare. Pentru a pregăti pe cititor să poată parcurge acest material, am introdus un capitol în care, într-o formă accesibilă, sînt prezentate fenomenele de percepere a culorii.

Principiile colorimetriei, folosite în actualele sisteme de televiziune în culori, reprezintă greutăți cunoscute în privința înțelegerii lor. Dificultatea constă în abstractizarea definirii culorii și de obicei cititorul, în setea lui avidă de a ști cum funcționează un sistem de televiziune în culori (NTSC, PAL, SECAM) și în special televizorul în culori, sare acest material. Este un caz fericit cînd se mai întoarce asupra lui. Ne permitem să nu recomandăm această cale cititorului acestei lucrări, încredinșîndu-l totodată că în final va putea avea marea satisfacție de a fi înțeles în profunzime procesele fizice care stau la baza televiziunii în culori.

Prima parte a lucrării mai tratează: problema realizării unui sistem de televiziune în culori, funcționarea celor trei sisteme de televiziune în culori NTSC, PAL și SECAM și unele particularități ale aparaturii de studio.

În partea a doua a lucrării sînt tratate probleme legate de recepția semnalului de televiziune în culori, insistîndu-se asupra funcționării unităților specifice

dintr-un televizor color: tubul cinescop color, decodarea în televizoarele PAL și SECAM, amplificatorul de luminanță, matricea RGB și etajele finale RGB.

Lucrarea a fost elaborată astfel:

- dr. ing. Gh. I. Mitrofan: capitolele 1 ÷ 10;
- ing. G. Pflanzner: capitolele 11 ÷ 15.

Înainte de a încheia această scurtă prefață este necesar să amintim meritul Editurii Tehnice care s-a gândit cu trei ani în urmă la editarea acestei lucrări și care s-a îngrijit ca lucrarea să poată apărea în anul 1983 — an de începere în țara noastră a emisiunilor de televiziune în culori.

Simțim o deosebită plăcere să ne exprimăm gratitudinea celor care au fost alături de noi pe tot parcursul elaborării acestei lucrări.

AUTORII

Ce trebuie să știm despre televiziunea alb-negru

1.1. O IDEE GENERALĂ DESPRE TELEVIZIUNE

Pentru cei mai mulți, televiziune înseamnă înainte de toate, televizorul aranjat într-un colț de cameră, cu al său ecran, în fața căruia stăm țintuiți adesea ore în șir. Uneori cuvântul „televiziune” ne mai aduce aminte și de telecentrul din Dorobanți sau de antena de pe Casa Scînteii. În schimb, puțini sînt cei care știu cum ia naștere o imagine de televiziune, cum se transmite și cum se recepționează.

Imaginea de televiziune se referă la imaginea produsă pe un ecran luminescent de către un spot de explorare (de pildă, tubul cinescop folosit în televizor). De regulă, imaginea de televiziune reproduce doar o parte din caracteristicile imaginii primare a obiectului, care reprezintă sursa primară de informație pentru un sistem de televiziune. Așadar, la un capăt al sistemului de televiziune se află imaginea obiectelor, iar la celălalt capăt se află imaginea de televiziune. Scopul principal al unui sistem de televiziune constă în obținerea unei imagini de televiziune cît mai apropiată de imaginea primară a obiectelor.

Orice imagine primară conține mult mai multe date decît poate percepe fiziologic ochiul observatorului uman. Cantitatea de informație recepționată de observator este limitată de două caracteristici fiziologice ale ochiului: puterea de rezoluție a ochiului și inerția perceperii vizuale.

Datorită folosirii acestor particularități ale vederii umane a fost posibilă realizarea transmiterii imaginii prin intermediul televiziunii.

Astfel, dacă se consideră o imagine formată din elemente separate, a căror suprafață este foarte mică, iar strălucirea fiecărui element este constantă, se constată că prin micșorarea dimensiunilor elementelor, calitatea imaginii se va îmbunătăți pînă la o anumită limită, determinată de puterea de rezoluție a ochiului. În momentul în care numărul de elemente și dimensiunile lor ating această limită, imaginea percepută de ochi nu se va deosebi de cea originală.

Datorită inerției perceperii vizuale, impresia de mișcare continuă poate fi creată prin schimbarea rapidă a imaginilor optice. Este cunoscut faptul că impresia de mișcare continuă se creează dacă seria de imagini, corespunzătoare pozițiilor succesive ale obiectului, se schimbă în fața observatorului cu o frecvență mai mare de $12 \div 16$ ori pe secundă.

La baza transmiterii imaginilor prin televiziune stau trei procese fizice esențiale:

- transformarea imaginii primare a obiectului în semnal electric (la emisie);
- transmiterea semnalului electric prin canalele de comunicație (de la emisie la recepție);
- transformarea în imagine de televiziune a semnalului electric recepționat (la recepție).

Prin intermediul unui sistem optic, asemănător cu cel folosit la aparatele foto, imaginea primară a obiectului este transformată în imagine electronică care ia naștere pe o placă (denumită și țintă) din interiorul tubului analizor de imagine (videocaptor) — componentă principală a camerei de televiziune (fig. 1.1).

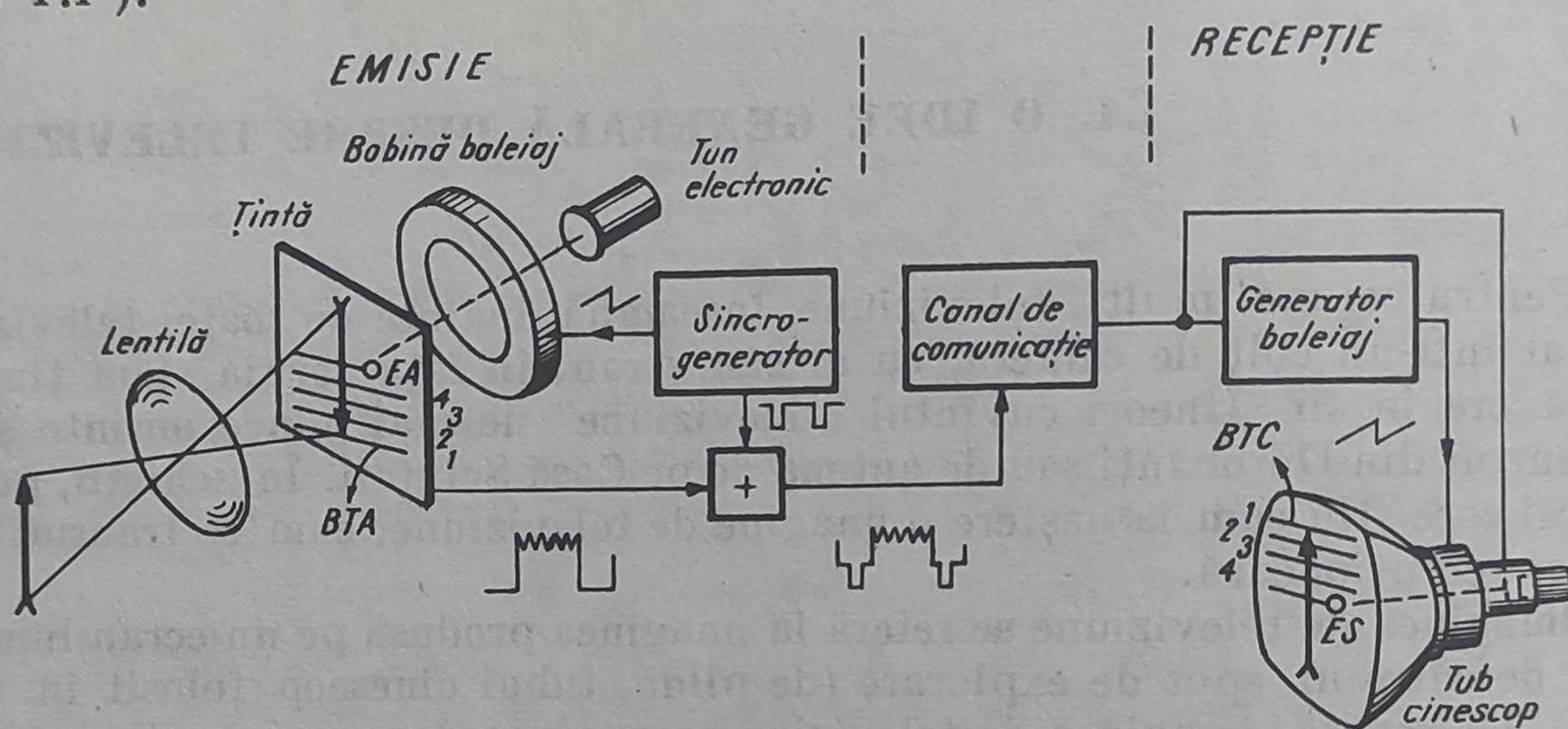


Fig. 1.1. Schema funcțională a sistemului de televiziune alb-negru.

Din analiza imaginii electronice cu ajutorul unui element de analiză (spot electronic) ia naștere un semnal electric (semnalul de imagine). Procesul de analiză constă în deplasarea periodică a elementului de analiză pe toată suprafața imaginii electronice, dând naștere unui semnal corespunzător strălucirii acelei suprafețe elementare a imaginii pe care se află elementul de analiză la un moment dat.

Semnalul electric creat în urma procesului de analiză, amplificat și procesat, se transmite prin canalul de comunicație la elementul de sinteză al tubului cinescop din televizor, pe ecranul căruia se formează imaginea obiectului transmis.

Legea de deplasare a elementului de sinteză pe suprafața tubului cinescop trebuie să fie aceeași cu legea de deplasare a elementului de analiză din camera de televiziune. În același timp, deplasările celor două elemente de analiză (de la emisie) și de sinteză (de la recepție) trebuie să fie sincrone. Sincronizarea elementelor de analiză și de sinteză este asigurată de niște impulsuri de sincronizare, elaborate de un sincronizator, care se transmit prin canalul de comunicație împreună cu semnalul de imagine. În televiziune, atât elementul de analiză cât și cel de sinteză se deplasează pe linii paralele, acoperind toată suprafața imaginii. Din această pricină, se spune că în televiziune se folosește baleiajul liniar. Prin baleiere ia naștere rastrul.

Din cele prezentate rezultă schema funcțională a unui sistem de televiziune, prezentată în fig. 1.1. Din această schemă rezultă că un sistem de televiziune este compus din cinci elemente de bază:

- baleiajul țintei tubului analizor (BTA);
- baleiajul ecranului tubului cinescop (BTC);
- elementul de analiză (EA);
- elementul de sinteză (ES);
- canalul de comunicații (CC).

1.2. CAPTAREA IMAGINILOR DE TELEVIZIUNE

Primul dispozitiv din echipamentul unui sistem de televiziune este camera de televiziune. Elementul de bază al camerei de televiziune îl constituie tubul analizor, care îndeplinește funcția de captare a imaginii optice a obiectului și de transformare a acesteia în semnal electric. Tuburile analizoare cele mai utilizate sînt superoticonul și vidiconul.

VIDICONUL

În momentul de față, vidiconul este tubul cu cel mai mic gabarit, fiabil și ieftin. Cu ajutorul vidiconului s-au construit camere de televiziune utilizate nu numai în aparatura radiodifuzată, ci și în aparatura cosmică, militară, medicală și altele.

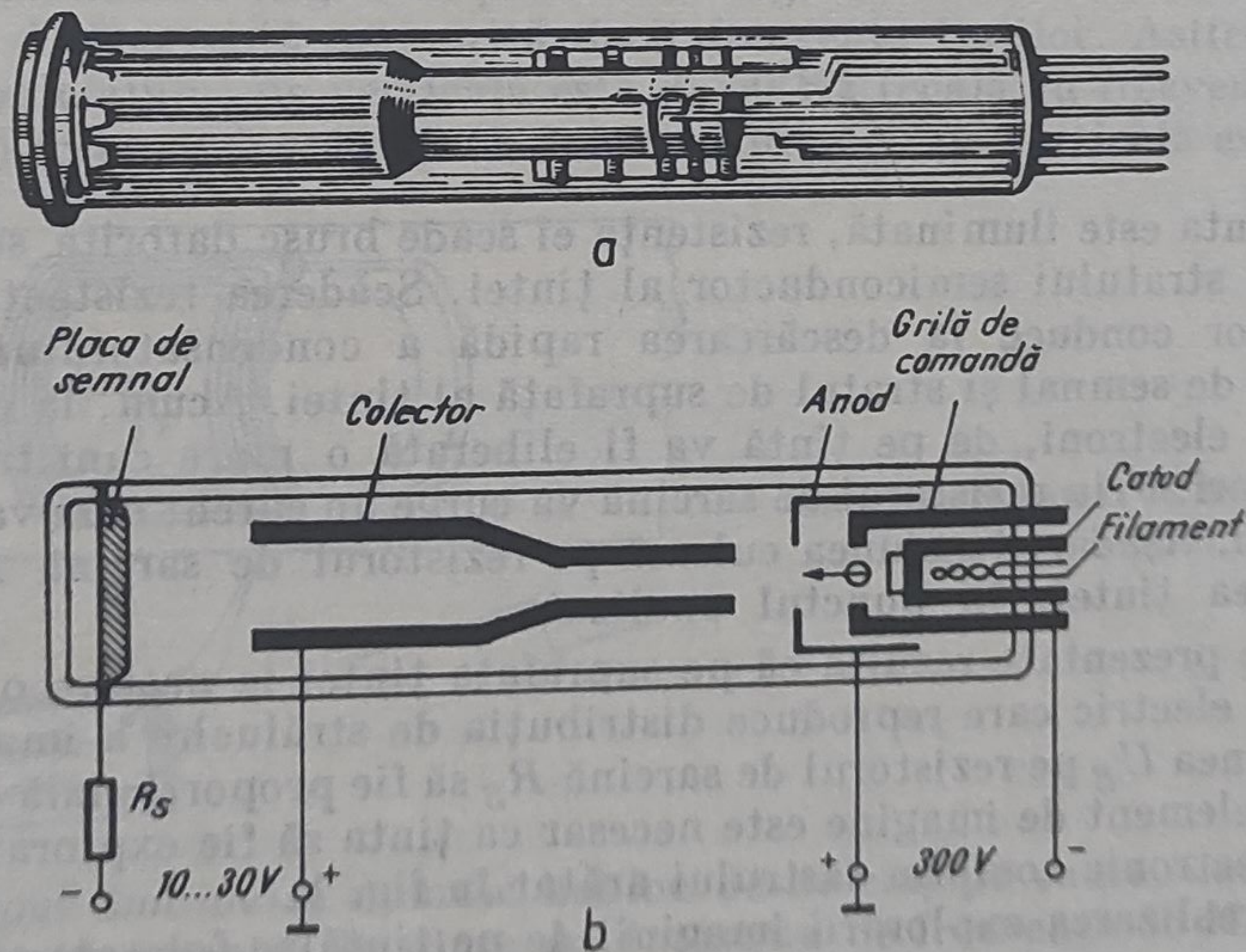


Fig. 1.2. Tubul videocaptor vidicon: a — construcția vidiconului; b — schema de conectare a vidiconului.

În fig. 1.2, a este prezentată construcția unui vidicon, iar în fig. 1.2, b schema de comandă a acestuia.

În interiorul balonului de sticlă se află placa de semnal pe a cărei suprafață interioară se află o țintă formată dintr-un material semiconductor

sensibil la lumină. Între placa de semnal și sursa de polarizare a acestui electrod se introduce rezistorul de sarcină R_S pe care apare semnalul de ieșire al tubului.

La capătul celălalt al vidiconului se află tunul electronic compus dintr-un catod încălzit, dintr-o grilă de comandă, dintr-un anod și dintr-un colector (al doilea anod). Reglajul curentului de fascicul se face prin modificarea potențialului grilei de comandă. Fasciculul electronic este focalizat pe planul țintei.

Să urmărim pe scurt funcționarea vidiconului.

Dacă ținta nu este iluminată și fasciculul electronic lipsește, atunci ținta va avea același potențial cu placa de semnal. La conectarea fasciculului de electroni, electronii se vor lovi de țintă și vor extrage din suprafața ei electronii secundari. Electronii secundari sînt captați de colector datorită cîmpului electric existent dintre țintă și colector. Acest proces continuă pînă cînd potențialul țintei devine egal cu potențialul colectorului. În acest fel, placa de semnal împreună cu ținta se comportă ca un condensator încărcat la tensiunea de polarizare dintre placa de semnal și colector (fig. 1.3).

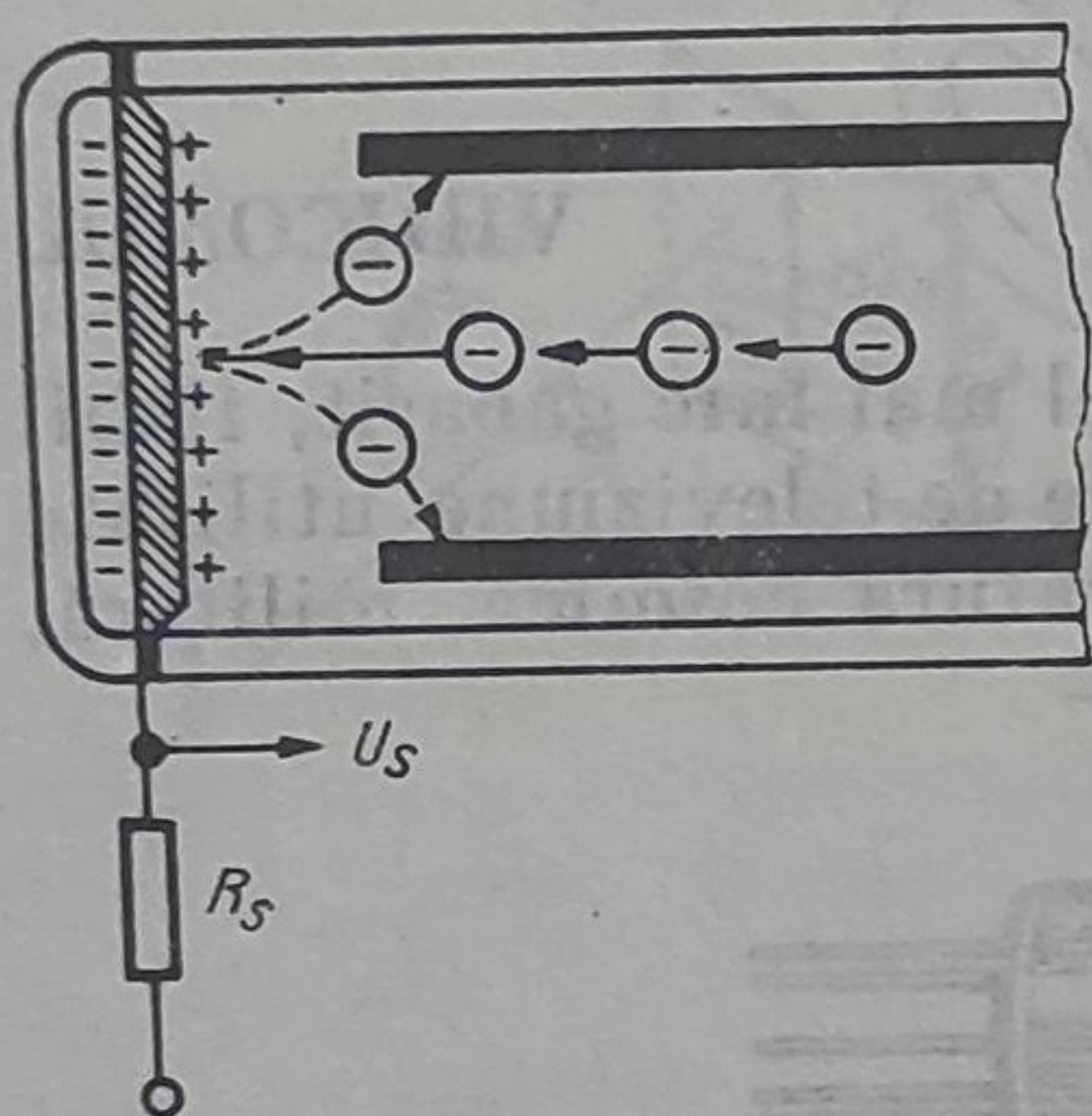


Fig. 1.3. Comportarea țintei vidiconului la bombardarea cu electroni.

Dacă ținta este iluminată, rezistența ei scade brusc datorită sensibilității la lumină a stratului semiconductor al țintei. Scăderea rezistenței stratului semiconductor conduce la descărcarea rapidă a condensatorului elementar dintre placa de semnal și stratul de suprafață al țintei. Acum, la căderea fasciculului de electroni, de pe țintă va fi eliberată o mare cantitate de electroni secundari. Prin rezistorul de sarcină va curge un curent care va da naștere unei tensiuni. Așadar, tensiunea culeasă pe rezistorul de sarcină R_S depinde de strălucirea țintei, în punctul analizat.

Din cele prezentate rezultă că pe suprafața țintei ia naștere o distribuție de potențial electric care reproduce distribuția de strălucire a imaginii. Pentru ca tensiunea U_S pe rezistorul de sarcină R_S să fie proporțională cu strălucirea fiecărui element de imagine este necesar ca ținta să fie explorată de către fasciculul electronic conform rastrului arătat în fig. 1.1.

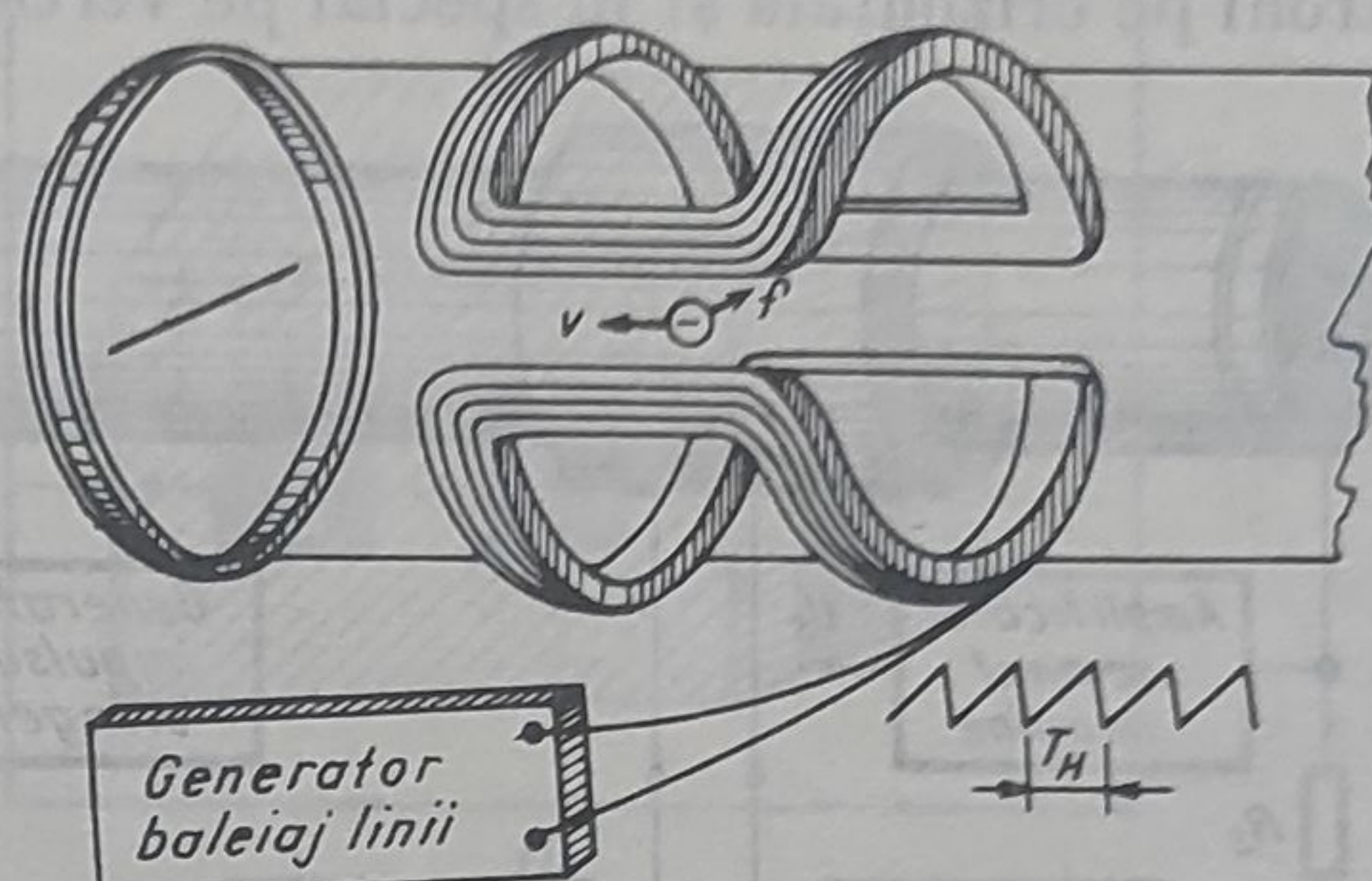
Pentru realizarea explorării imaginii de pe țintă se folosesc circuite speciale, denumite circuite de deflexie.

BALEIAJUL PE ORIZONTALĂ

Între tunul electronic analizor și țintă se montează pe exteriorul tubului de sticlă două bobine prin care curge un curent în formă de dinți de ferăstrău (fig. 1.4). Acest curent dă naștere unui cîmp magnetic care acționează

asupra fascicului de electroni cu o forță egală cu forța Lorenz ($f=eBv$), deplasându-l pe orizontală de la stînga la dreapta, după care se întoarce din nou în poziția inițială. Astfel, pe rezistența de sarcină apare un semnal electric proporțional cu strălucirea liniei explorate. De aceea, bobinele de deflexie pe orizontală se numesc bobine de baleiaj pe linii, iar generatorul care furnizează curentul în dinte de ferăstrău se numește generator de baleiaj linii.

Fig. 1.4. Schema de explorare pe orizontală.



În multe țări din Europa, inclusiv în țara noastră, durata explorării unei linii este de $64 \mu s$, adică frecvența baleiajului pe linii este de $15\,625 \text{ Hz}$.

BALEIAJUL PE VERTICALĂ

Între tunul electronic și țință se montează pe exteriorul tubului de sticlă alte două bobine (fig. 1.5) prin care curge un curent în formă de dinți de ferăstrău, de frecvență mai mică decât frecvența liniilor. Astfel, în Europa frecvența baleiajului pe verticală este de 50 Hz (egală cu frecvența rețelei de alimentare), ceea ce înseamnă că durata explorării pe verticală este de 20 ms .

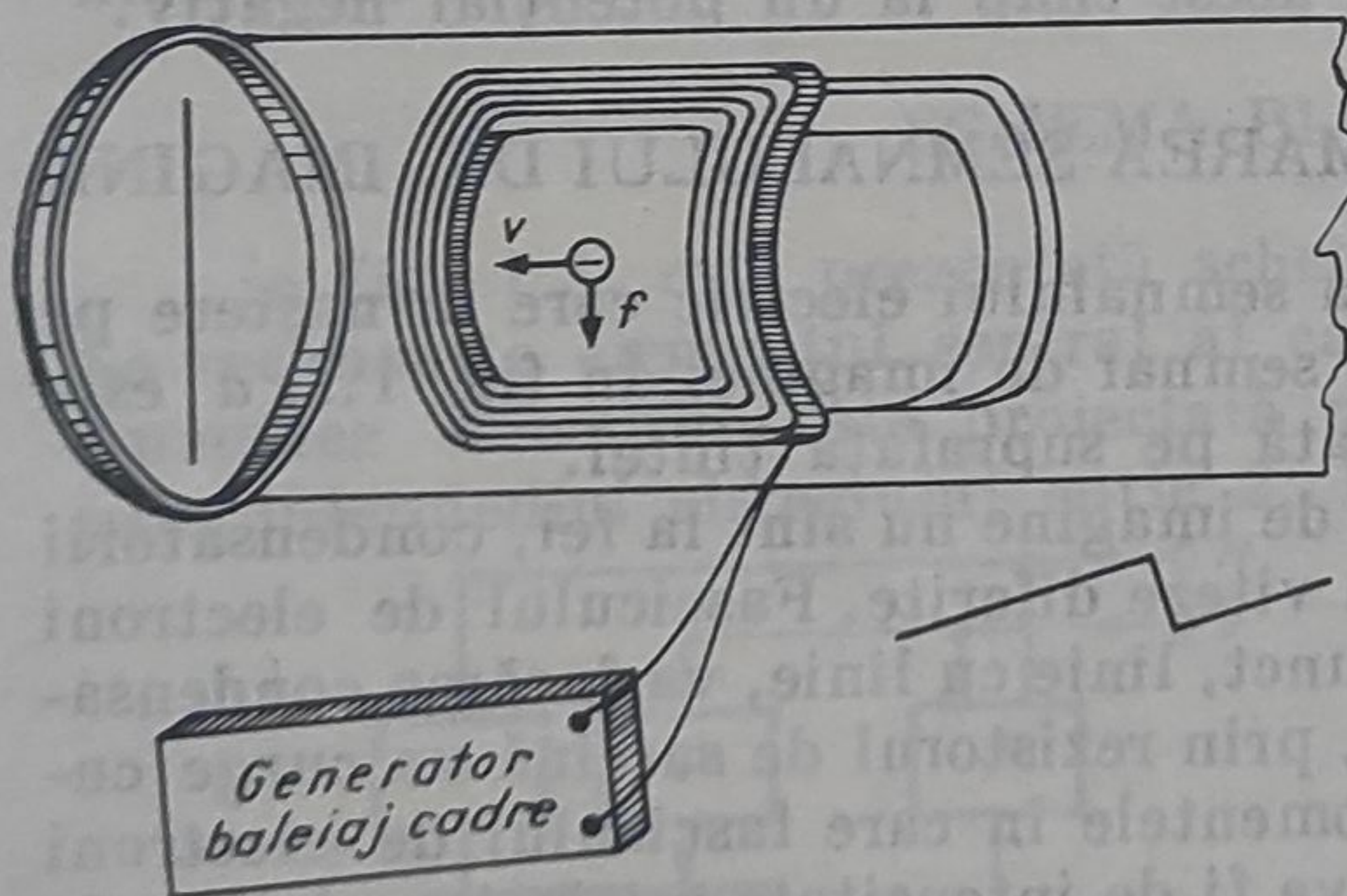


Fig. 1.5. Schema de explorare pe verticală.

Cele două bobine se numesc bobine de baleiaj pe cadre, iar generatorul care furnizează curentul în dinte de ferăstrău de frecvență 50 Hz se numește generator de baleiaj cadre.

Curentul din bobinele baleiajului cadre dă naștere unui cîmp magnetic care, de astă dată, deplasează fasciculul de electroni pe verticală, de sus în jos, după care se întoarce din nou în poziția inițială.

Datorită acțiunii simultane a celor două cîmpuri magnetice (pe orizontală și pe verticală), fasciculul electronic, parcurgînd o linie de explorare, se va înclina puțin de la stînga la dreapta în jos (a se vedea rastrul din fig.

1.1). Parcurgînd o linie, fasciculul de electroni se întoarce rapid la începutul liniei următoare (durata acestui proces este aproximativ 2% din durata liniei). După parcurgerea ultimei linii din rastru, fasciculul de electroni se întoarce rapid la începutul primei linii din rastru (durata acestui proces este de cîteva linii).

Este evident că în timpul procesului de întoarcere a fasciculului de electroni pe orizontală și în special pe verticală apar distorsiuni, deoarece în acest

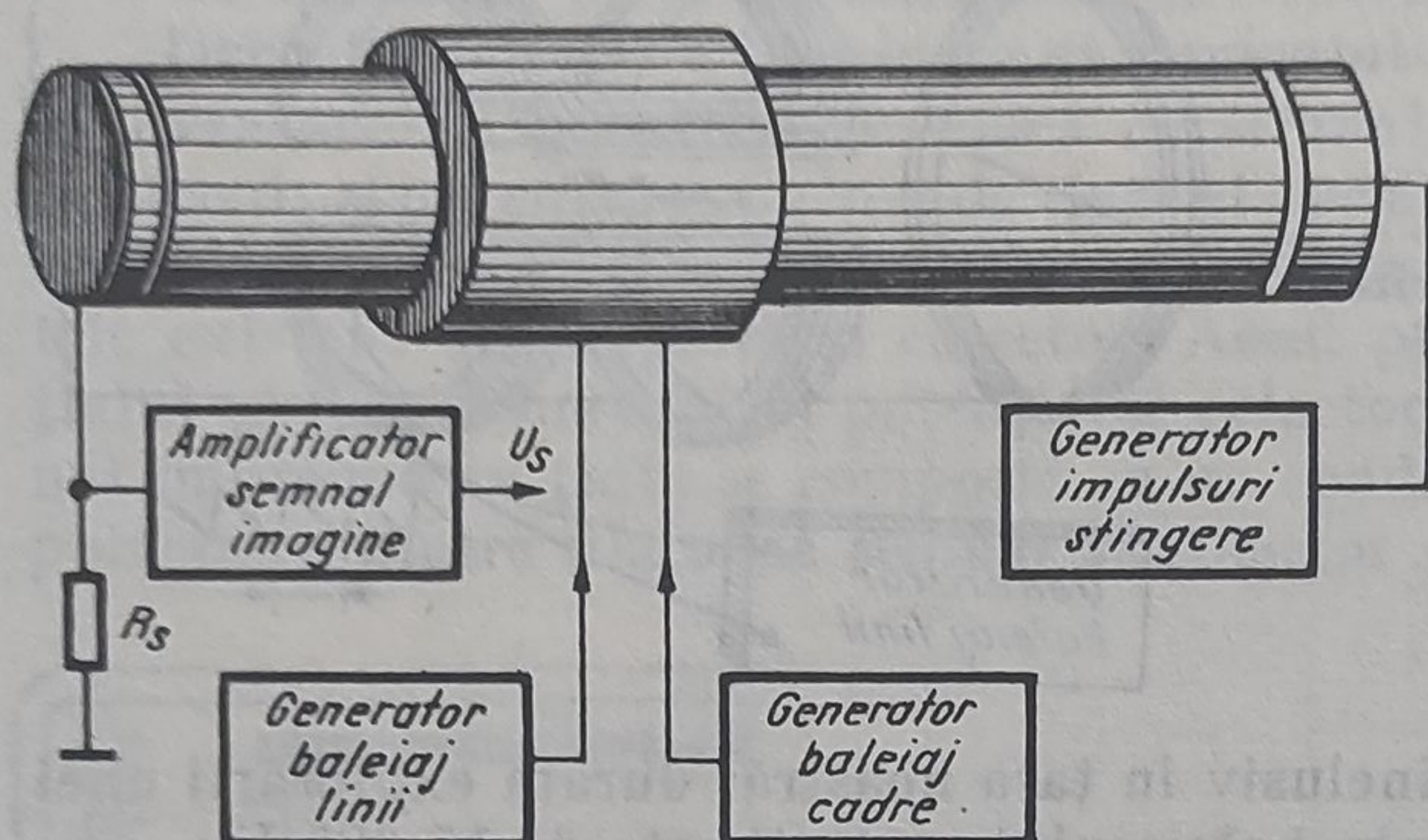


Fig. 1.6. Schema de conectare a semnalelor.

timp ținta va fi explorată în mod suplimentar și, la explorarea normală, în locurile pe unde a trecut fasciculul de electroni la întoarcere, potențialul ei nu va mai fi proporțional cu strălucirea produsă de imaginea obiectului. Pentru a înlătura acest neajuns, la sfîrșitul fiecărei linii și la sfîrșitul fiecărui cadru se aplică pe electrodul de comandă al vidiconului impulsuri de tensiune de polaritate negativă, generate de un generator special, denumit generator al impulsurilor de stingere (fig. 1.6). În acest fel, în timpul întoarcerilor pe linii și pe cadre, fasciculul de electroni nu mai ajunge pe țintă fiind oprit de electrodul de comandă care se află în acest timp la un potențial negativ.

FORMAREA SEMNALULUI DE IMAGINE

Să urmărim procesul de formare a semnalului electric care ia naștere pe rezistorul de sarcină R_s , denumit și semnal de imagine. În fig. 1.7, *a* este arătată imaginea unui obiect proiectată pe suprafața țintei.

Întrucît strălucirile unor porțiuni de imagine nu sînt la fel, condensatorii elementari ai țintei se vor descărca cu viteze diferite. Fasciculul de electroni parcurgînd suprafața țintei punct cu punct, linie cu linie, va încărca condensatorii elementari în mod diferit și deci, prin rezistorul de sarcină va curge curent de valoare diferită. Astfel, în momentele în care fasciculul de electroni cade pe un loc slab iluminat curentul va fi de intensitate mică, iar cînd cade pe suprafețe puternic iluminate, curentul va fi și el de intensitate mare. Întrucît $U_s = R_s i$, rezultă că tensiunea semnalului de imagine este direct proporțională cu strălucirea imaginii proiectate. Valoarea acestui semnal este foarte mică — sutimi de volt. Un asemenea semnal nu se poate transmite la distanțe mai mari de cîteva metri. De aceea, acest semnal se amplifică în camera de televiziune pînă la valoarea de cca. 0,7 V cu ajutorul unui amplificator video de cameră (fig. 1.6).

În fig. 1.7, *b* este arătat semnalul de imagine obținut prin explorarea unei linii din imaginea de pe țintă. Nivelul semnalului de imagine corespun-

zător detaliilor celor mai strălucitoare ale imaginii se numește nivel de alb și se consideră ca nivel maxim (100%). Nivelul semnalului de imagine corespunzător detaliilor celor mai întunecate ale imaginii se numește nivel de negru și se consideră ca nivel minim (0%). Este evident că nivelele semnalului de imagine corespunzătoare detaliilor cu străluciri între negru și alb se află între cele două nivele extreme.

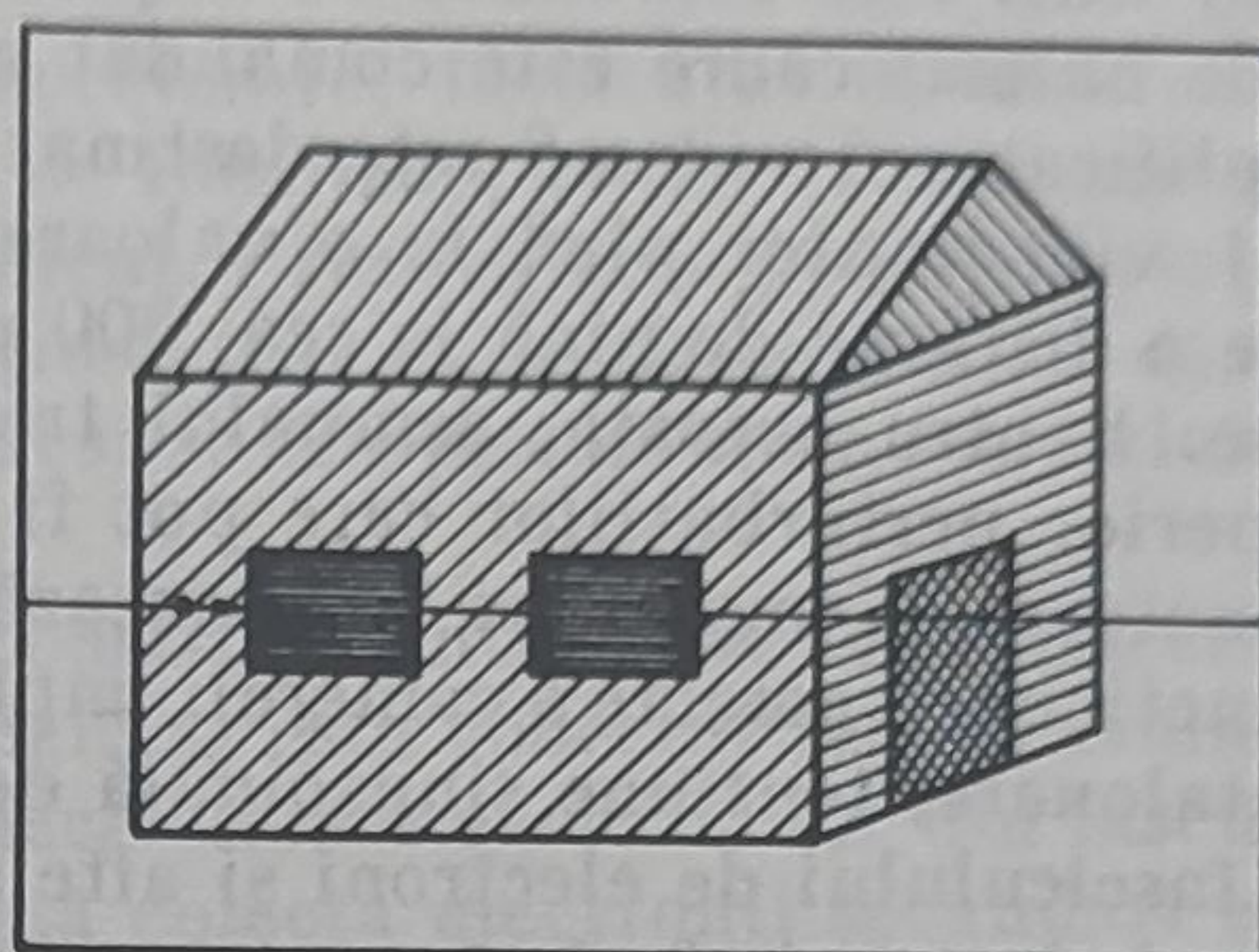
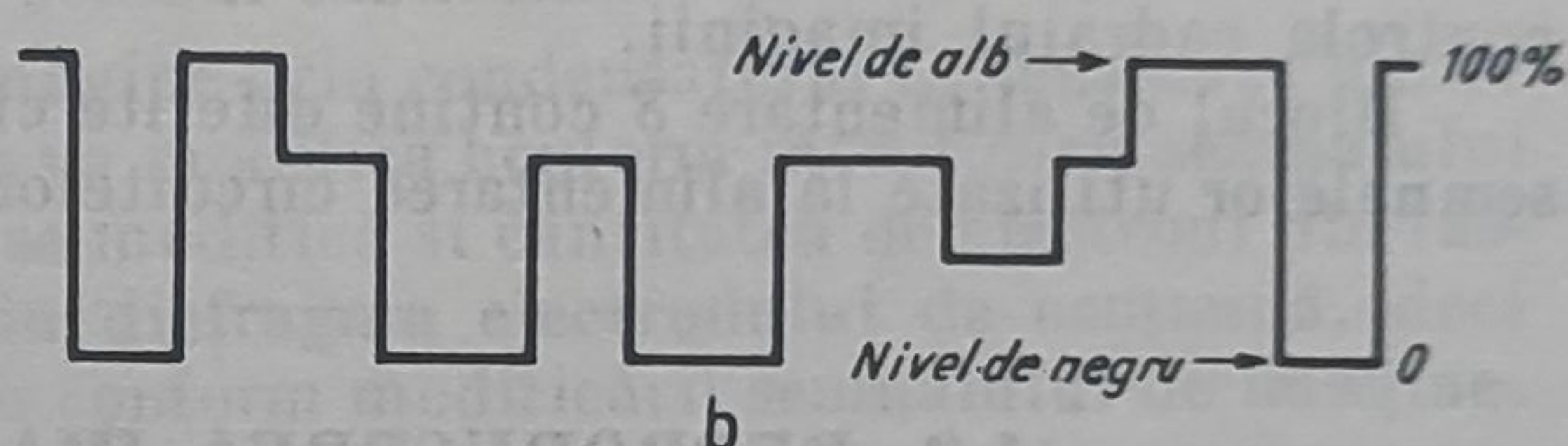


Fig. 1.7. Formarea semnalului de imagine.



Așa cum s-a arătat, la sfârșitul fiecărei linii și la sfârșitul fiecărui cadru se aplică pe electrodul de comandă al vidiconului impulsuri de stingere. În momentele acționării acestor impulsuri, nivelul semnalului de imagine este egal cu nivelul de negru sau chiar sub acesta.

SCHEMA BLOC A CAMEREI DE TELEVIZIUNE

În fig. 1.8. este prezentată schema bloc a unei camere de televiziune. Se recunoaște elementul central al camerei — tubul analizor de imagine 1. Imaginea obiectului este proiectată pe suprafața țintei tubului analizor 1 prin intermediul sistemului optic 2. În jurul tubului se află blocul de bo-

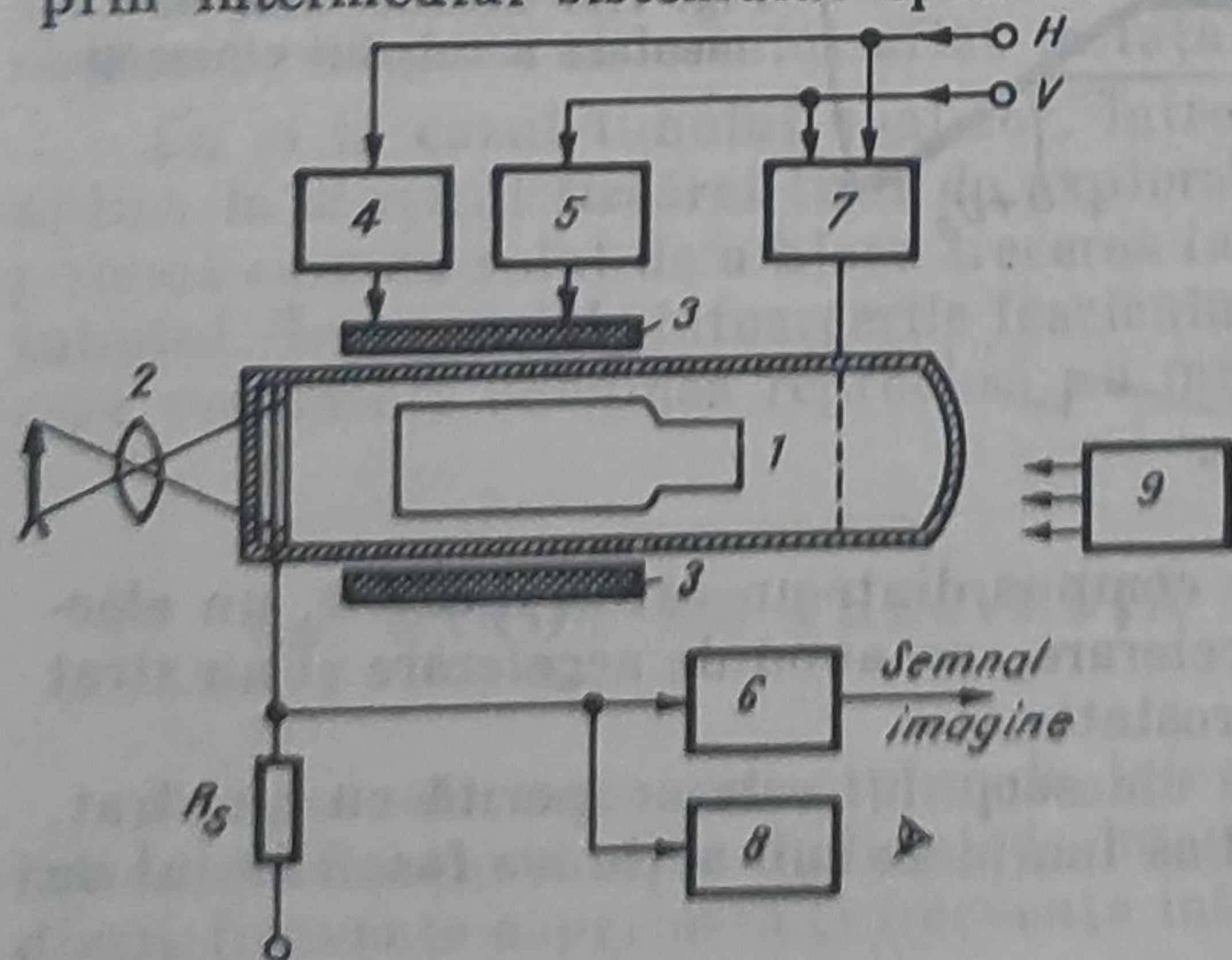


Fig. 1.8. Schema bloc a unei camere de televiziune.

bine 3 care produce cîmpurile magnetice pentru deflexia fascicului de electroni și pentru focalizarea lui.

Generatorul de baleiaj linii 4 produce curenții necesari alimentării bobinelor de deflexie pe verticală, iar generatorul de baleiaj cadre 5 produce curenții necesari alimentării bobinelor de deflexie pe orizontală. Generatorul de baleiaj linii este comandat cu impulsuri de frecvența liniilor H , iar generatorul de baleiaj cadre este comandat cu impulsuri de frecvența cadrelor.

Amplificatorul video 6 este destinat să ridice nivelul semnalului furnizat de tubul videocaptor pînă la o valoare care să permită transmiterea lui pe cablu, pe o distanță de pînă la cca. 300 m, fără înrăutățirea calității imaginii transmise. Pentru aceasta, semnalul trebuie amplificat pînă la un nivel cu mult superior perturbațiilor care pot fi captate, eventual, de cablu.

Formatorul de impulsuri 7 furnizează semnalele necesare asigurării și verificării funcționării corecte a camerei: impulsuri de stingeri linii și cadre, impulsuri de etalonare, tensiune sinusoidală de joasă frecvență (cca. 8 Hz) necesară alinierii fascicului de electroni și alte semnale auxiliare.

Vizorul electronic 9 oferă operatorului de cameră posibilitatea de a urmări pe ecranul unui cinescop imaginea captată de camera de televiziune și de a controla cadrul imaginii.

Blocul de alimentare 8 conține diferite circuite de reglare și stabilizare a semnalelor utilizate la alimentarea circuitelor electronice din cameră.

1.3. REPRODUCEREA IMAGINILOR DE TELEVIZIUNE

Transformarea semnalului de imagine în imagine optică se realizează cu ajutorul tubului electronic denumit cinescop (fig. 1.9). Fasciculul de electroni se

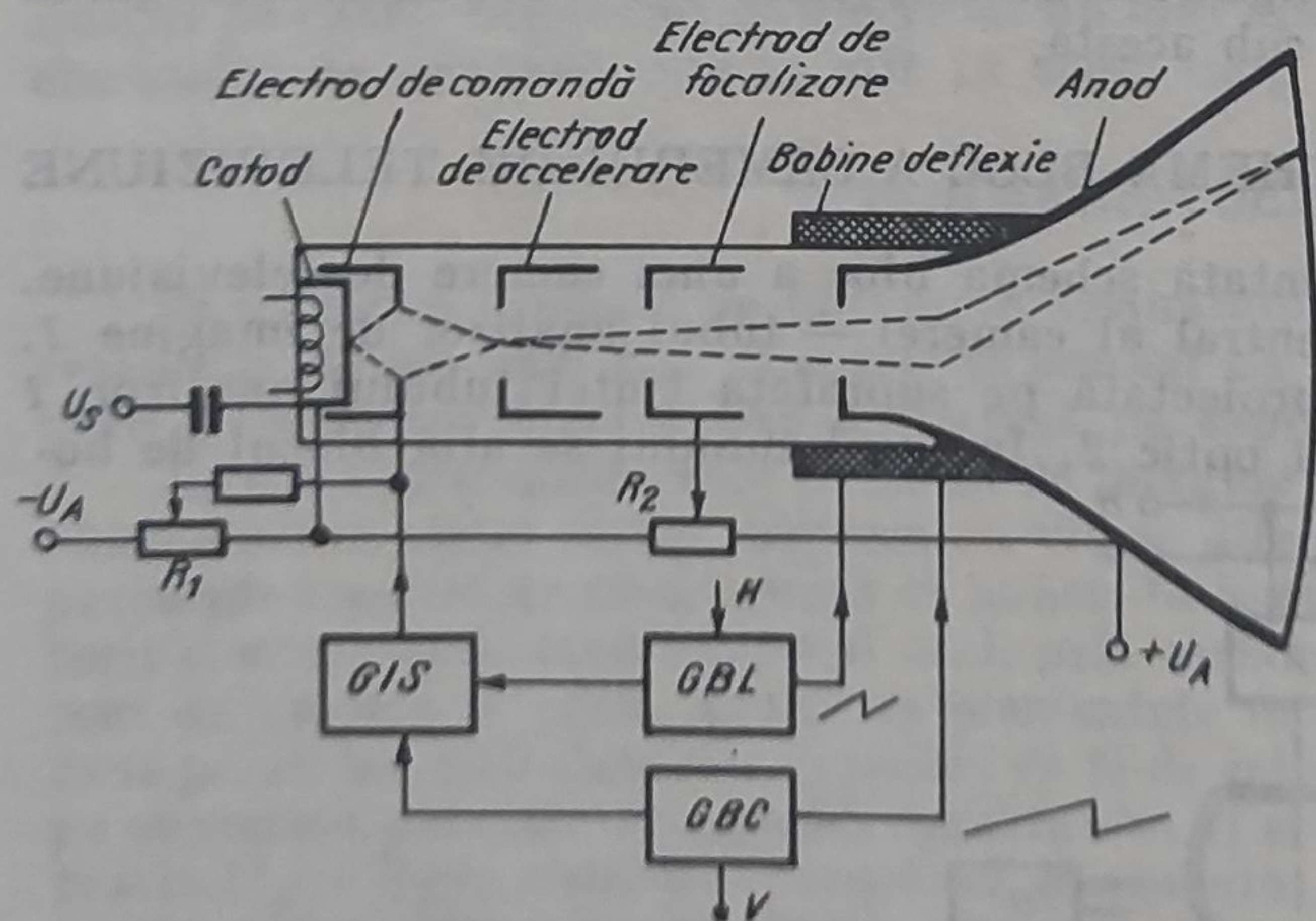


Fig. 1.9. Schema bloc de alimentare a tubului cinescop.

obține cu ajutorul tunului electronic compus dintr-un catod încălzit, un electrod de comandă, un electrod de accelerare, un anod de accelerare și un strat conductor care are rol de ecran electrostatic.

Suprafața interioară a ecranului cinescopului este acoperită cu un strat, denumit luminofor, care este capabil să lumineze sub acțiunea fascicului de electroni.

Reglarea potențialului electrodului de comandă față de catod cu ajutorul potențiometrului R_1 conduce la modificarea cantității de electroni din fasciculul de electroni ce trec prin diafragma electrodului de comandă, deci la modificarea strălucirii ecranului. Pentru o tensiune negativă destul de mare se poate ajunge la blocarea fasciculului electronic, adică ecranul luminiscent nu mai este activat, strălucirea sa fiind nulă.

După trecerea de electrodul de accelerare, fasciculul de electroni trece prin câmpul electric dintre electrodul de focalizare și anod, care are rolul de a aduna într-un punct electronii de fascicul. Prin reglarea potențialului pe anodul de focalizare față de anod cu potențiometrul R_2 se poate realiza ca punctul de concentrare a fasciculului de electroni să se afle pe suprafața ecranului, ceea ce înseamnă o focalizare optimă.

Al doilea anod de accelerare este construit dintr-un strat conductiv, depus pe partea interioară a balonului de sticlă și este conectat la o tensiune foarte înaltă (cca. 18 kV). Pe lângă rolul de accelerare a electronilor din fasciculul de electroni, acest electrod are și rolul de a colecta electronii secundari emiși de stratul luminiscent la bombardarea fasciculului de electroni, evitând astfel acumularea unei sarcini negative pe ecranul tubului.

La aplicarea semnalului de imagine prin condensatorul C , tensiunea dintre electrodul de comandă și catod se va modifica conform modificării semnalului de imagine. Aceasta înseamnă că se modifică și cantitatea de electroni din fasciculul de electroni care trec prin diafragma electrodului de comandă, deci strălucirea pe ecran se va modifica conform modificării semnalului de imagine.

Dacă pe exteriorul tubului cinescop se montează două bobine verticale prin care circulă un curent în dinți de fierăstrău, atunci câmpul magnetic creat va deplasa fasciculul de electroni pe orizontală descriind pe ecranul tubului o linie a cărei strălucire este asemănătoare cu strălucirea liniei imaginii explorate în acest timp pe ținta tubului analizor (vidicon). Curentul prin bobine este generat de generatorul de baleiaj linii, comandat de către impulsurile de frecvență liniilor H .

Dacă pe exteriorul tubului cinescop se mai montează încă două bobine, așezate orizontal, prin care aplicăm un curent în dinte de fierăstrău, atunci câmpul magnetic creat va deplasa fasciculul de electroni câte puțin în jos. În acest fel, fasciculul de electroni al cinescopului se va deplasa pe tot ecranul simultan cu fasciculul de electroni al tubului analizor, iar pe ecranul tubului cinescop obținem imaginea obiectului aflat în fața camerei de televiziune.

Ca și în cazul tubului analizor, între electrodul de comandă și catod se aplică la sfârșitul fiecărei linii de explorare și la sfârșitul fiecărui cadru impulsuri care au rolul de a bloca trecerea fasciculului de electroni spre ecranul tubului. În acest fel, întoarcerile fasciculului de electroni pe linii și pe cadre care vor însoți imaginea reprodusă nu mai sînt sesizate de observator.

1.4. BANDA DE FRECVENȚĂ A SEMNALULUI DE IMAGINE

Pentru realizarea sistemului de televiziune este necesar să se cunoască banda de frecvență a semnalului de imagine, care se determină ca diferența dintre frecvența superioară și frecvența inferioară a spectrului.

Banda de frecvență a semnalului de imagine depinde de caracteristicile imaginii și de parametrii baleiajului.

Frecvența minimă a semnalului de imagine se obține când se transmite o imagine formată dintr-o bandă albă și una neagră dispuse orizontal (fig. 1.10). În acest caz, frecvența semnalului de imagine va fi egală cu frecvența de repetiție a baleiajului pe cadre, adică $f_{min} = f_V = 50$ Hz.

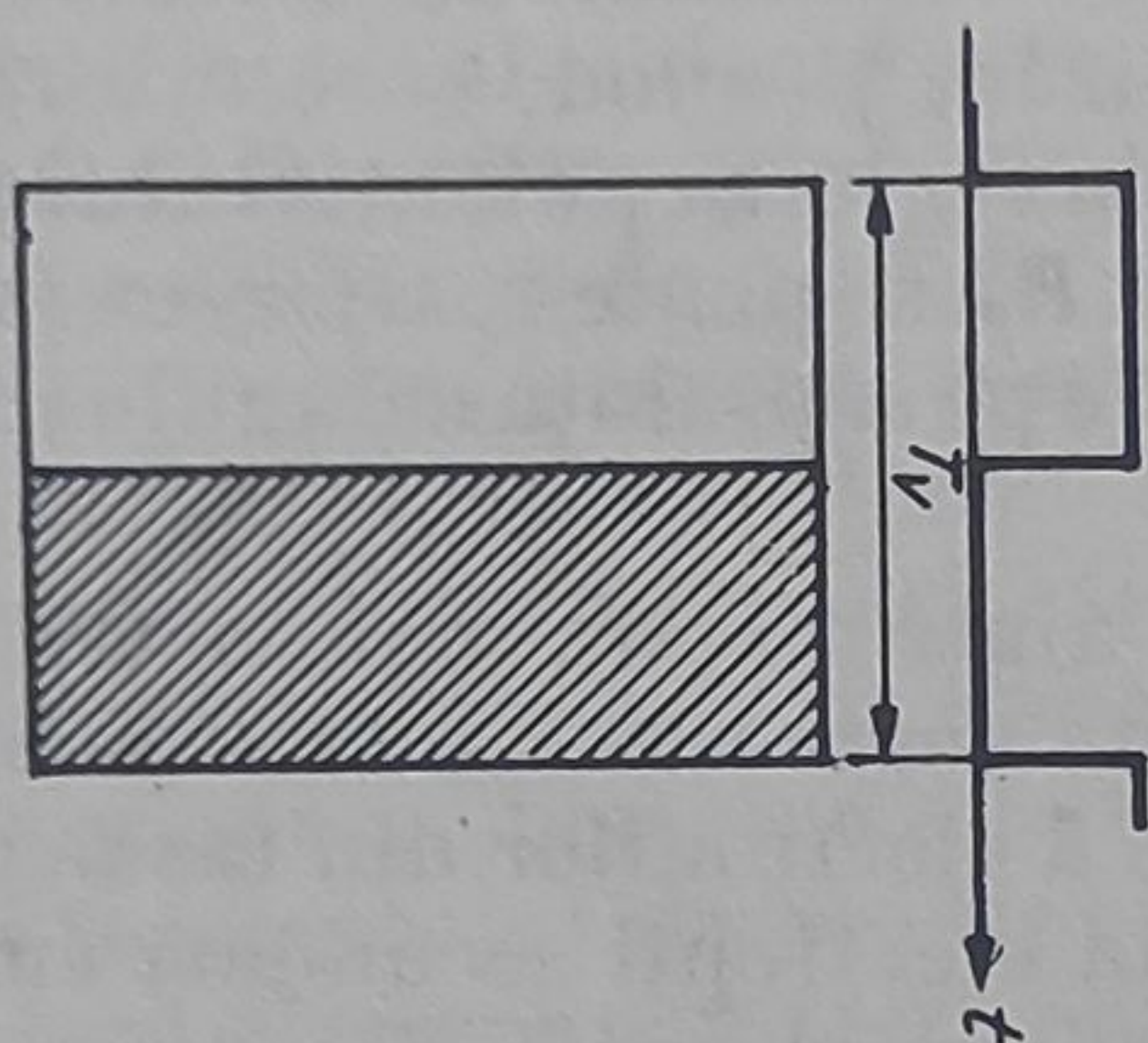


Fig. 1.10. Obținerea semnalului de imagine de frecvență minimă.

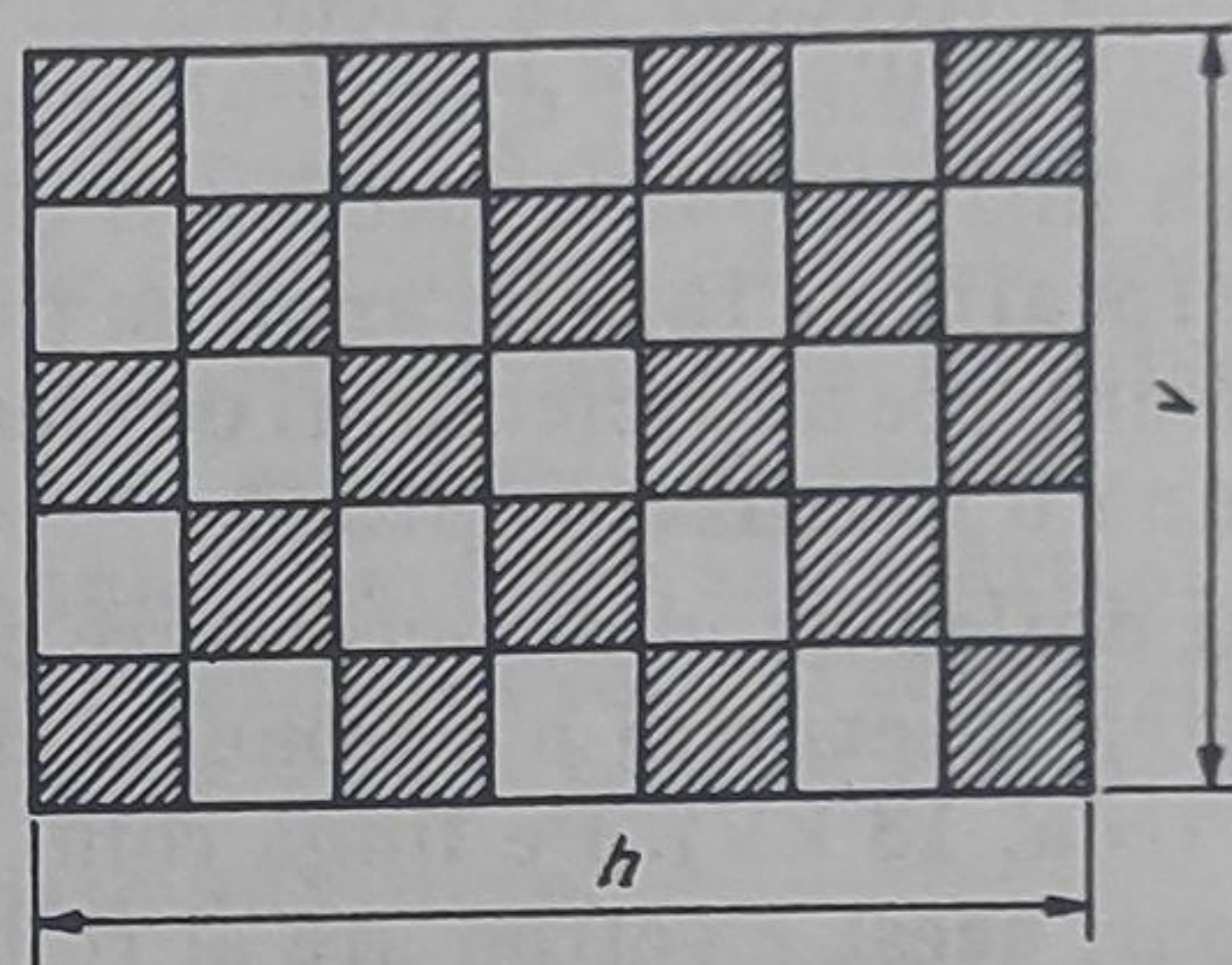


Fig. 1.11. Imagine pentru determinarea frecvenței maxime a semnalului.

Pentru o reproducere corectă a semnalului de imagine este necesar să se transmită și componenta medie a semnalului. Întrucât transmiterea componentei medii în cadrul sistemului de televiziune este imposibilă, ea poate fi restabilită în orice punct al lanțului cu ajutorul unor circuite speciale (numite și circuite de axare).

Frecvența maximă a semnalului de imagine se determină din condiția ca detaliile cele mai fine ale imaginii să poată fi reproduse pe ecranul tubului cinescop. Pentru aceasta se consideră o imagine în formă de tablă de șah (fig. 1.11), cuprinzând pătrate cu latura egală cu diametrul fascicului de explorare. Numărul perechilor de pătrate albe și negre transmise într-o secundă determină frecvența maximă a semnalului de imagine.

Dacă notăm: Z — numărul de linii explorate într-un cadru; h — lățimea cadrului, atunci numărul de pătrate este egal:

$$N = Z \left(\frac{h}{v} \cdot \frac{Z}{2} \right) = p \frac{Z^2}{2}$$

în care s-a notat $p = h/v$ — formatul imaginii (în televiziune, formatul imaginii este $p = 4/3$).

Știind că frecvența cadrelor este f_V , numărul perechilor de pătrate transmise în timp de o secundă determină frecvența maximă:

$$f_{max} = \frac{pZ^2}{2} f_V \quad (1.1)$$

Pentru standardul nostru de televiziune cu $Z = 625$ linii, $p = 4/3$, $f_V = 50$ Hz, obținem $f_{max} = 13$ MHz.

Transmiterea printr-un canal de comunicație a unei benzi de frecvență atât de largi (de la 50 Hz la 13 MHz) ridică probleme atât tehnice cât și econo-

mice. Fără a înrăutăți calitatea imaginii transmise, banda de frecvență poate fi redusă prin micșorarea frecvenței de repetiție a cadrelor folosind explorarea întretesută.

1.5. EXPLORAREA ÎNTREȚESUTĂ

Banda de frecvență a semnalului de imagine se poate reduce folosind baleiajul întretesut, în care fiecare cadru de imagine este împărțit în două semicadre (denumite și cîmpuri) care se transmit succesiv (fig. 1.12).

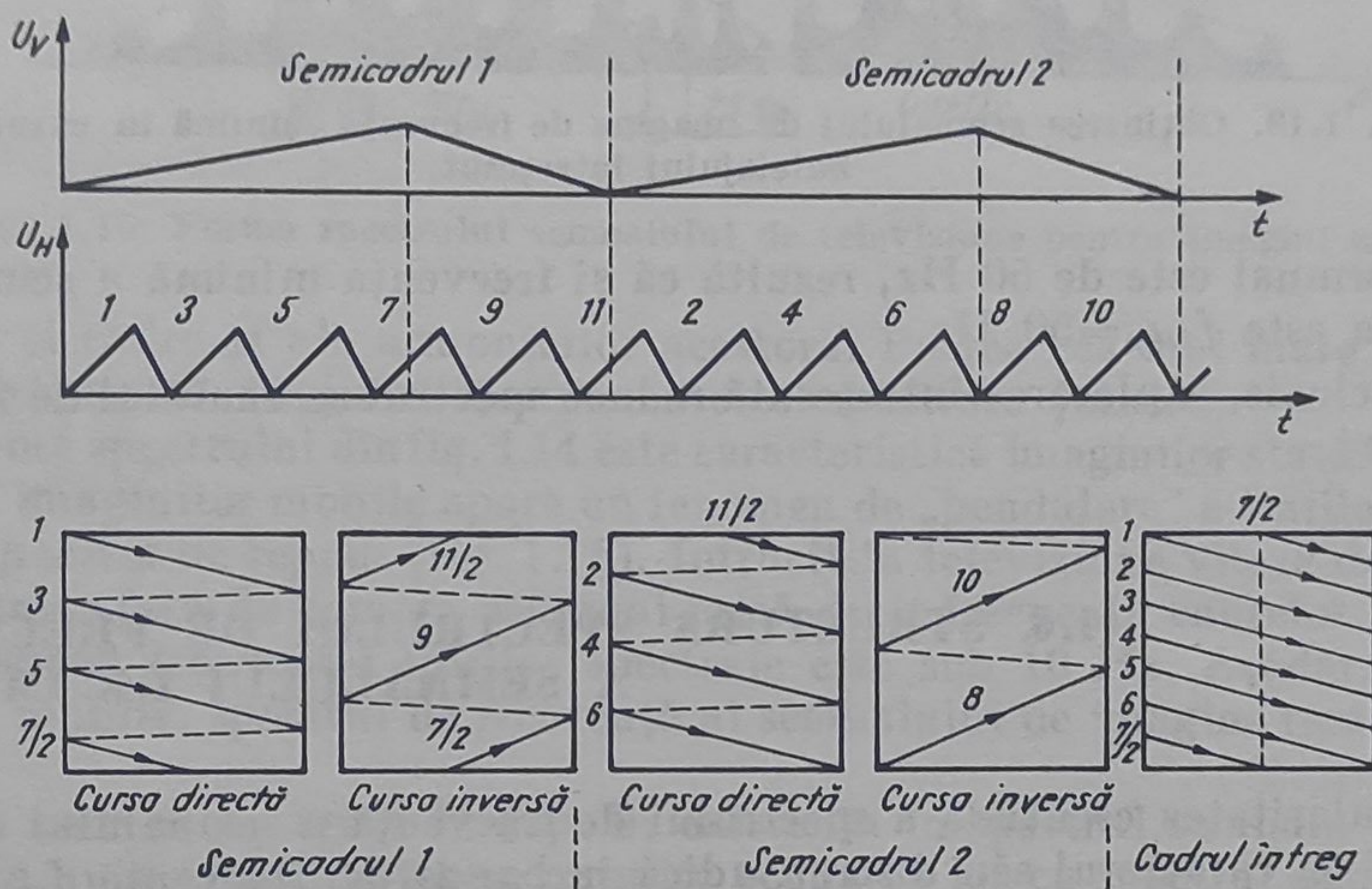


Fig. 1.12. Formarea imaginii folosind baleiajul întretesut.

În timpul primului semicadru (denumit și semicadru impar) fasciculul electronic, atât la emisie, cât și la recepție, explorează prima linie coborînd cu două linii în timpul cursei directe, după care urmează explorarea tuturor liniilor impare. Ajungînd la ultima linie din semicadru, fasciculul electronic explorează o jumătate din ea, după care execută o mișcare de întoarcere pe verticală către punctul de mijloc al marginii superioare a ecranului, de unde continuă să exploreze jumătatea de linie care a rămas. După aceasta începe explorarea liniilor pare din semicadru al doilea (denumit și semicadru par). Explorarea ultimei linii din semicadru (care este de fapt și ultima linie din cadru) se termină în colțul din dreapta jos, de unde fasciculul electronic se întoarce în colțul din stînga sus și tot ciclul se repetă (în exemplul dat, analiza are loc pe 11 linii).

Din cele de mai sus rezultă că frecvența generatorului care asigură deplasarea pe verticală a fasciculului electronic trebuie să fie egală cu frecvența semicadrelor, adică $f_k = 50$ Hz. Deci frecvența cadrelor este de $f_v = 25$ Hz.

În acest caz frecvența maximă a semnalului de imagine se determină din relația 1.1 în care $f_v = 25$ Hz, rezultînd $f_{max} = 6,5$ MHz. La noi, banda de frecvență este standardizată la valoarea de 6 MHz. În timpul transmiterii unui cadru, compus din două benzi orizontale (fig. 1.13), pe rezistorul de sarcină al tubului analizor vor apare două impulsuri. Întrucît frecvența de repetiție

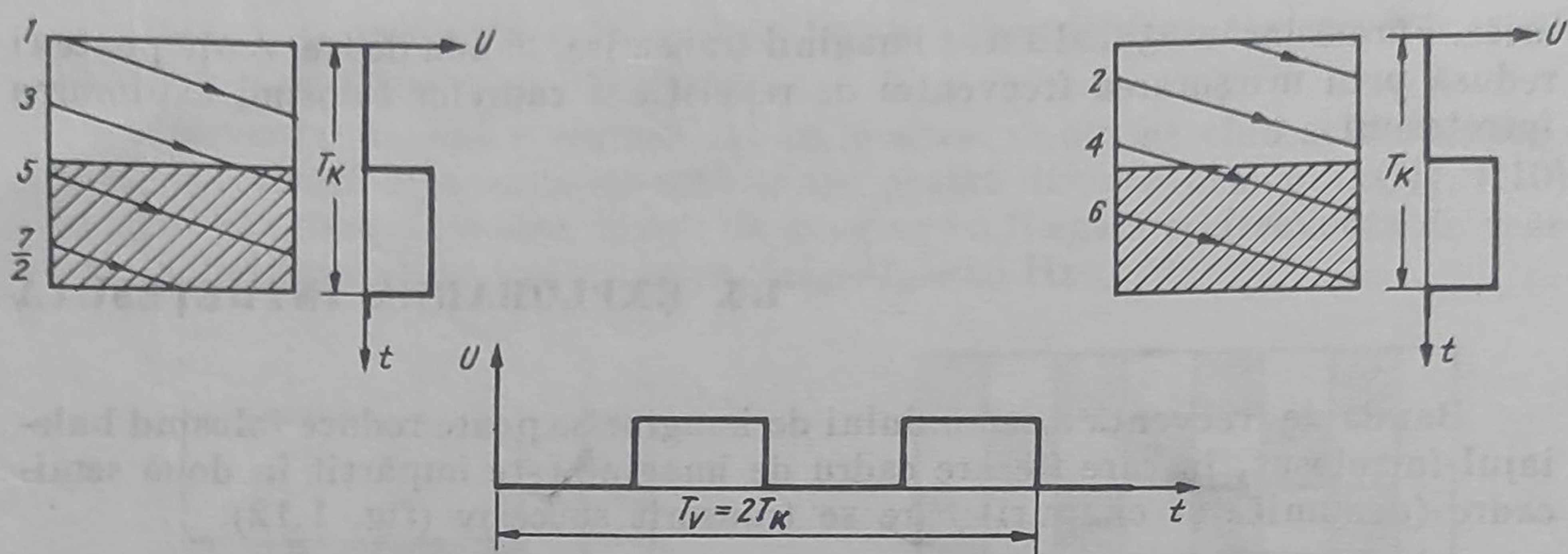


Fig. 1.13. Obținerea semnalului de imagine de frecvență minimă în cazul baleiajului întretesut.

a acestui semnal este de 50 Hz, rezultă că și frecvența minimă a semnalului de imagine este $f_{min}=50$ Hz.

În concluzie, explorarea întretesută reduce spectrul semnalului de imagine de două ori.

1.6. STRUCTURA SPECTRULUI DE FRECVENȚĂ A SEMNALULUI DE IMAGINE

Particularitatea esențială a spectrului de frecvență a semnalului de imagine constă în caracterul său discret, adică în banda de frecvență $f_{min} \div f_{max}$ sînt prezente doar frecvențele care sînt multipli ai frecvențelor de linii și cadre:

$$f = mf_H \pm nf_K, \quad (1.2)$$

în care $m, n=0, 1, 2, \dots$; f_H =frecvența linii și f_K =frecvența semicadrelor.

Forma unui asemenea spectru, reprezentat sub formă de diagramă spectrală, este arătată în fig. 1.14. Amintim că diagrama spectrală se realizează prin reprezentarea fiecărei frecvențe sub formă de linie spectrală a cărei înăl-

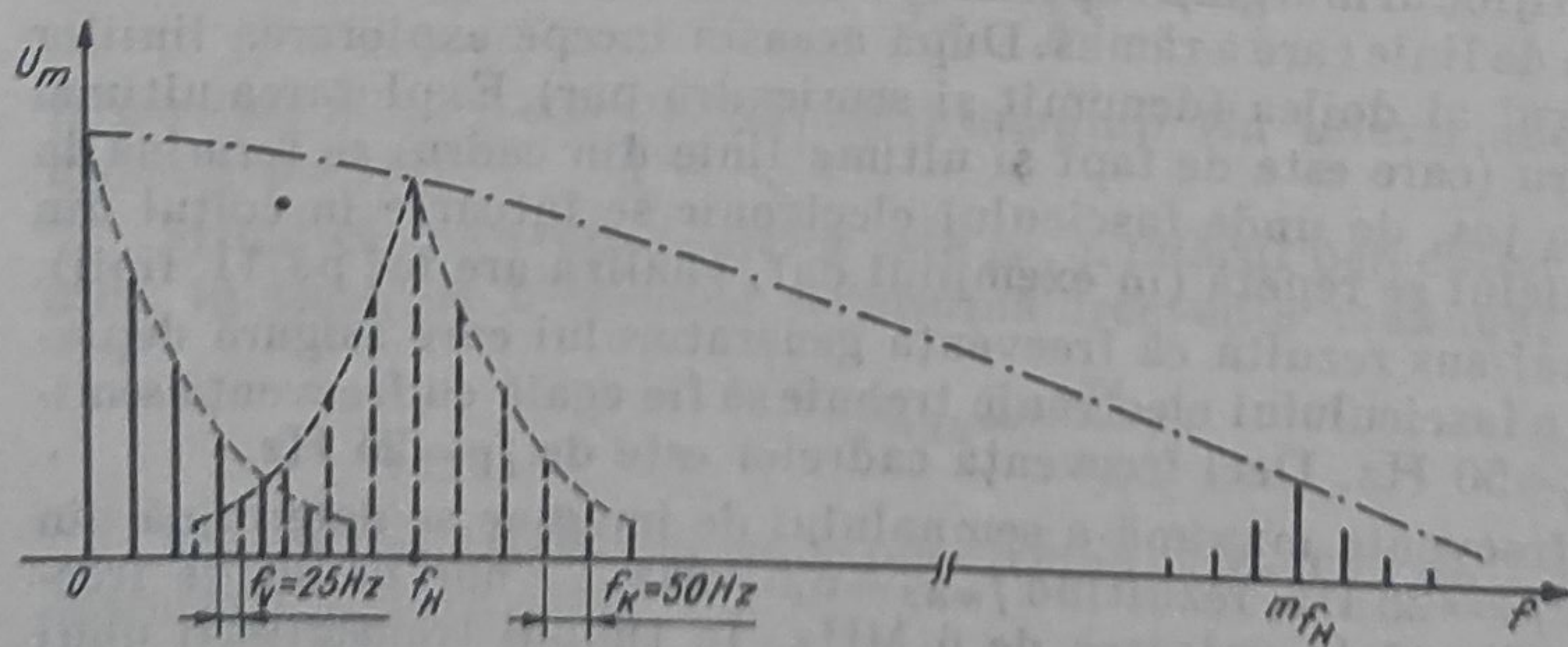


Fig. 1.14. Forma spectrului semnalului de televiziune pentru imagini fixe.

time într-un anumit moment este proporțională cu amplitudinea oscilației, iar poziția pe axa orizontală, corespunde frecvenței în spectru.

Așa cum se poate observa din grafic, componentele spectrale sînt grupate în jurul frecvenței de linii și cadre și ale armonicilor acestora. Fiecare din aceste componente participă cu o anumită parte la energia spectrală a semnalului de televiziune. Se observă că energia se concentrează în jurul frecvențelor

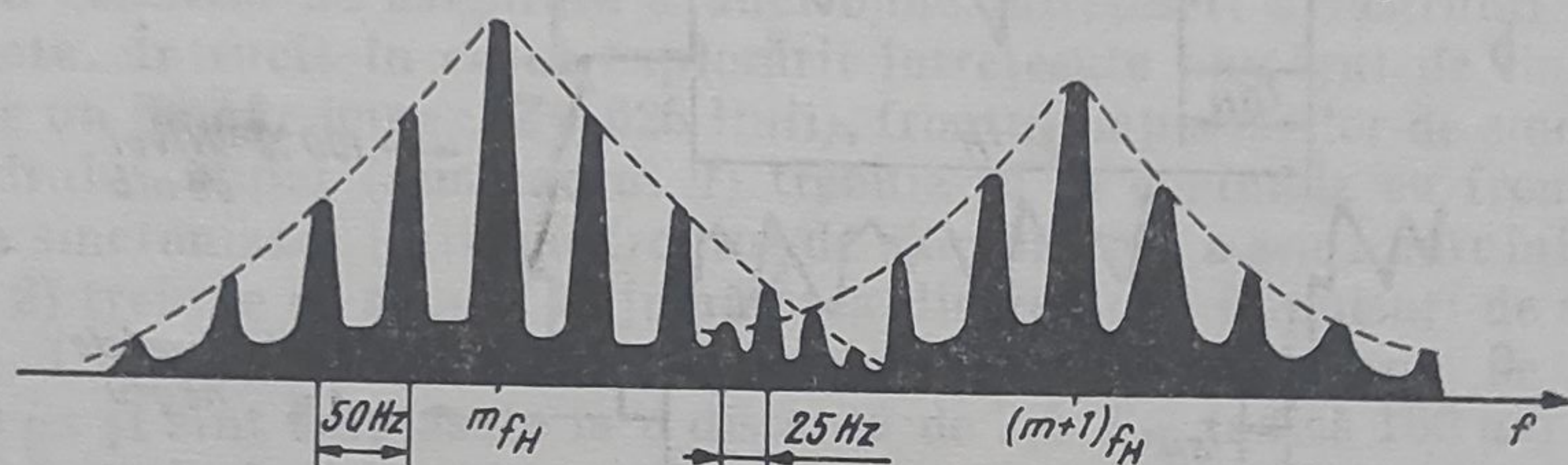


Fig. 1.15. Forma spectrului semnalului de televiziune pentru imagini mobile.

de linii și cadre și ale armonicilor acestora. Partea cea mai mare de energie este concentrată în jurul componentelor spectrale joase.

Forma spectrului din fig. 1.14 este caracteristică imaginilor statice. La transmiterea imaginilor mobile apare un fenomen de „pendulare” a liniilor spectrale față de poziția de repaus (fig. 1.15). Întrucît în televiziune viteza de deplasare a obiectelor față de cameră este mai mică decît frecvența cadrelor, rezultă că „pendularea” frecvenței liniilor spectrale este sub 10 Hz. Așadar, și pentru imagini mobile, spectrul de frecvență al semnalului de imagine rămîne practic discret.

Așa cum se va arăta în cap. 6, existența în spectrul semnalului de televiziune a unor intervale libere permite ocuparea lor cu spectrul semnalului de culoare.

1.7. FORMA SEMNALULUI DE TELEVIZIUNE

Înainte de a fi livrat emițătorului, semnalul de imagine obținut la ieșirea tubului analizor este prelucrat pentru a putea fi utilizat în receptor la reproducerea imaginii transmise.

Prima prelucrare constă în introducerea unui semnal de stingere în intervalele de timp cînd fasciculul analizor al tubului videocaptor este blocat pe cursele de întoarcere pe linii și pe cadre (fig. 1.16). Pentru standardul european de 625 linii, durata unei linii este $T_H = 64 \mu\text{S}$; durata impulsului de stingere linii $T_{BH} = 12 \mu\text{S}$; durata unui semicadru este $T_K = 20 \text{ mS}$; durata impulsului de stingere semicadre $T_{BK} = 1,6 \text{ mS}$ (adică $25T_H$). Introducerea semnalului de stingere asigură un nivel de negru fix indiferent de conținutul imaginii transmise. Acest nivel de referință poate fi folosit la restabilirea componentei medii a semnalului de imagine în orice punct al sistemului de televiziune (folosind așa-numita axare comandată).

A doua prelucrare constă în introducerea unui semnal de sincronizare, denumit și semnal complex de sincronizare (fig. 1.17). Acest semnal se folosește la sincronizarea generatoarelor de baleiaj de la recepție astfel încît aces-

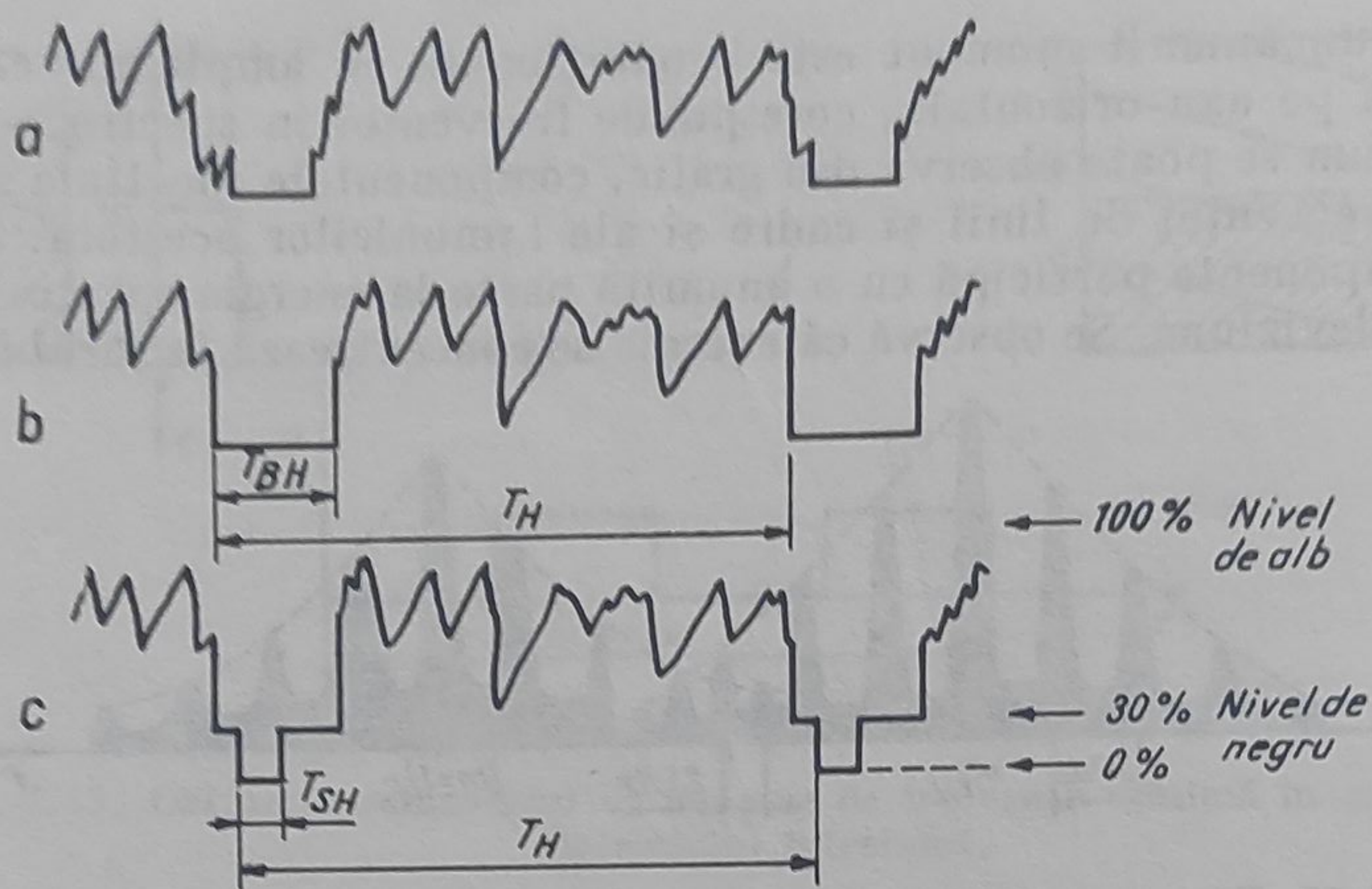
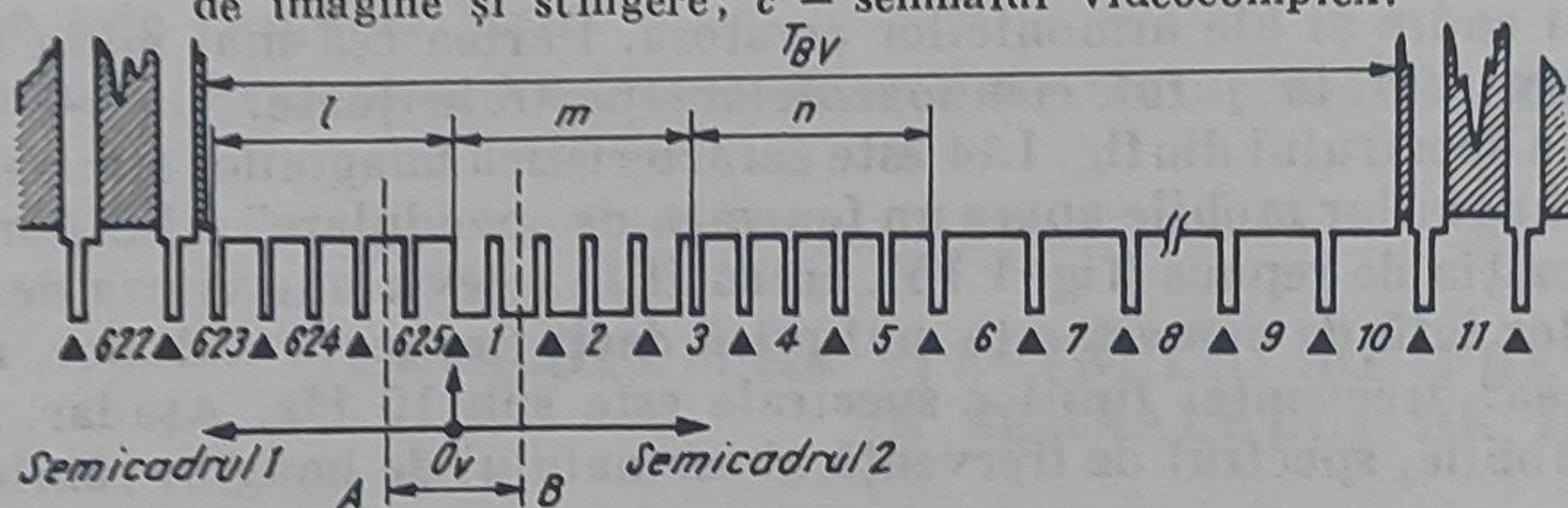
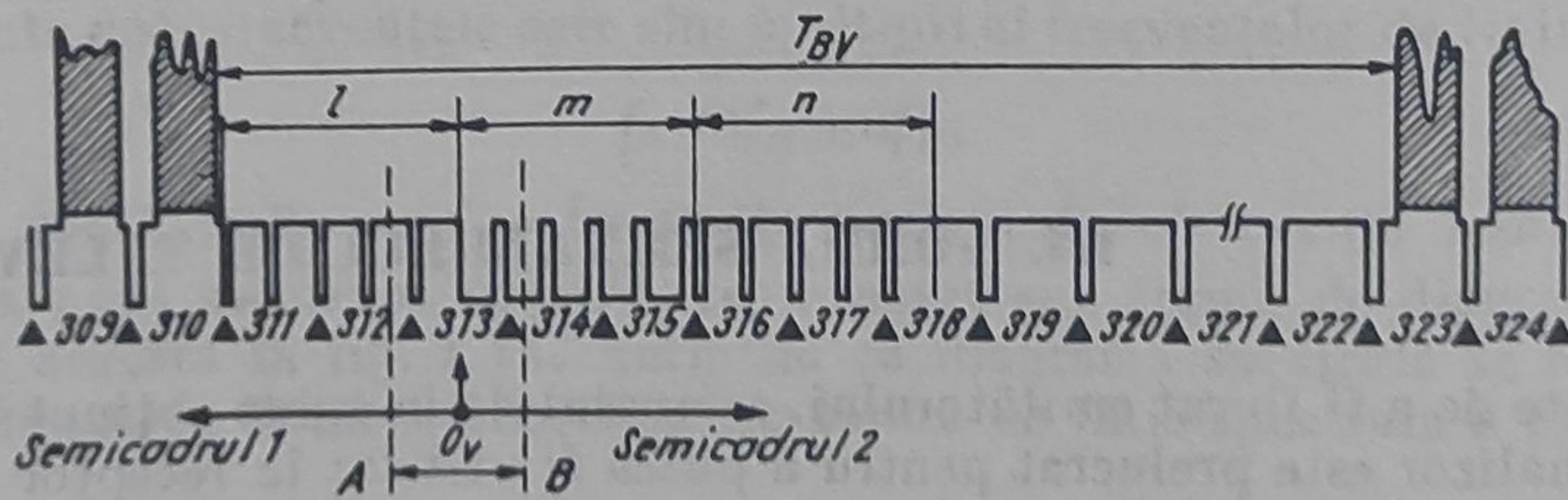


Fig. 1.16. Formarea semnalului de televiziune: *a* – semnalul de imagine; *b* – semnalul de imagine și stingere; *c* – semnalul videocomplex.



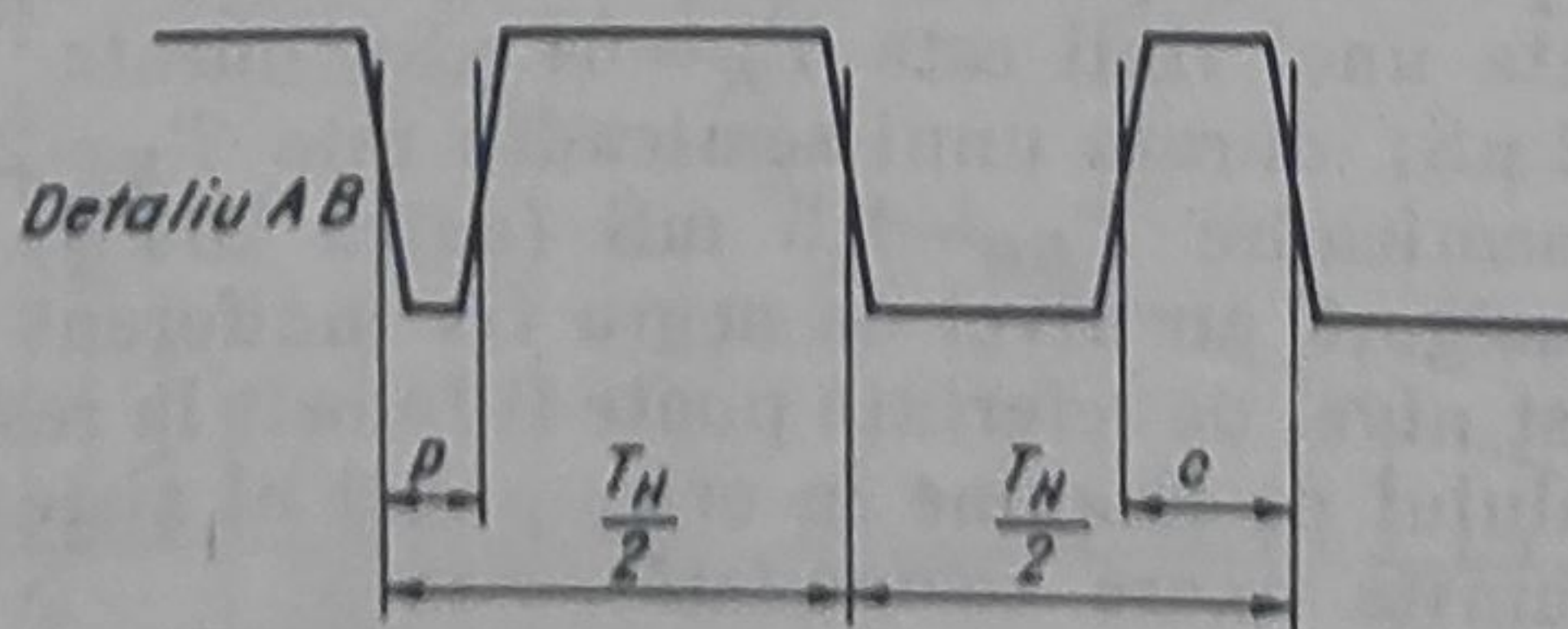
$$l = m = n = 2,5 T_H = 160 \mu s ; T_{BV} = 25 T_H = 1,6 ms$$

a



b

$$p = 2,35 \mu s ; c = 4,7 \mu s ; T_H = 64 \mu s$$



c

Fig. 1.17. Structura semnalului de televiziune pe timpul stingerilor pe verticală: *a* – semicadru 1; *b* – semicadru 2; *c* – detalii ale semnalului sincrocomplex pe verticală.

tea să funcționeze sincron cu generatoarele de baleiaj ale camerei de televiziune de la emisie.

Pentru asigurarea sincronizării pe orizontală a fasciculului de electroni din receptor se folosesc impulsurile de sincronizare linii, care se adaugă peste impulsurile de stingere și au durata de $T_{SH}=4,7 \mu s$.

Structura complexă a semnalului de sincronizare pe semicadre este determinată de condiția de asigurare a unei bune întrețeseri a rastrului imaginii recepționate. Întrucât în cazul explorării întrețesute numărul de linii Z trebuie să fie un număr impar ($Z=625$ linii), frontul impulsurilor de sincronizare a semicadrului impar (semicadrul 1) trebuie să se confunde cu frontul unui impuls de sincronizare linii, iar frontul de sincronizare a semicadrului par (semicadrul 2) trebuie să se afle la jumătatea dintre două impulsuri de sincronizare linii. Durata impulsurilor de sincronizare pe verticală este de $2,5 T_H$, adică $160 \mu s$ și sînt amplasate la o distanță de $2,5 T_H$ (adică $160 \mu s$) față de începutul impulsului de stingere linii.

Pentru a realiza o sincronizare neîntreruptă a baleiajului pe linii din receptor, impulsul de sincronizare cadre este „crestat” din loc în loc. Aceste crestături au o durată egală cu durata impulsurilor de sincronizare linii, adică de $4,7 \mu s$ și sînt dispuse la distanțe de $32 \mu s$ (jumătate din durata unei linii).

Înainte și după impulsurile de sincronizare pe verticală sînt amplasate cîte cinci impulsuri, denumite și impulsuri de egalizare (preegalizare, respectiv, postegalizare). Aceste impulsuri sînt dispuse la distanțe de $32 \mu s$ și au o durată egală cu jumătate din durata impulsului de sincronizare linii (adică $2,35 \mu s$).

Introducerea impulsurilor de egalizare și de crestare de frecvență dublă decît frecvența impulsurilor de sincronizare linii nu perturbă sincronizarea generatorului de baleiaj linii din receptor deoarece acesta se sincronizează cu fiecare al doilea impuls.

Mai amintim că unele cercetări întreprinse în țară și în străinătate au condus la concluzia că semnalul de sincronizare poate fi simplificat prin reducerea numărului de impulsuri de egalizare și crestare.

1.8. TRANSMITEREA SEMNALULUI DE TELEVIZIUNE

Transmiterea semnalului de televiziune de la emisie la recepție se realizează fie cu ajutorul cablurilor coaxiale, fie prin radio.

Semnalul de televiziune poate fi transmis prin cablu coaxial la distanțe nu prea mari (cîțiva km) deoarece la distanțe mai mari apar perturbații de joasă frecvență, distorsiuni de fază și atenuări mari ale semnalului.

Pentru transmiterea semnalului de televiziune la distanțe mai mari, semnalul de televiziune se transformă într-un semnal care are banda de frecvență deplasată spre frecvențele înalte cu cca $0,3 \div 0,5$ MHz. Compensarea atenuării se realizează conectînd la distanțe de cîțiva kilometri amplificatoare de semnal.

La transmiterea semnalului de televiziune prin radio, undele electromagnetice, generate în eter de emițător, sînt modulate de semnalul de televiziune.

Un emițător de televiziune constă dintr-un generator, un amplificator intermediar, un amplificator final, un modulator și antena (fig. 1.18).

Pentru obținerea unei frecvențe purtătoare stabile, generatorul este format dintr-un oscilator cu cuarț foarte stabil, de frecvență $5\div 10\text{MHz}$ și dintr-un multiplicator de frecvență.

Puterea necesară a emițătorului se obține folosind un amplificator de putere final.

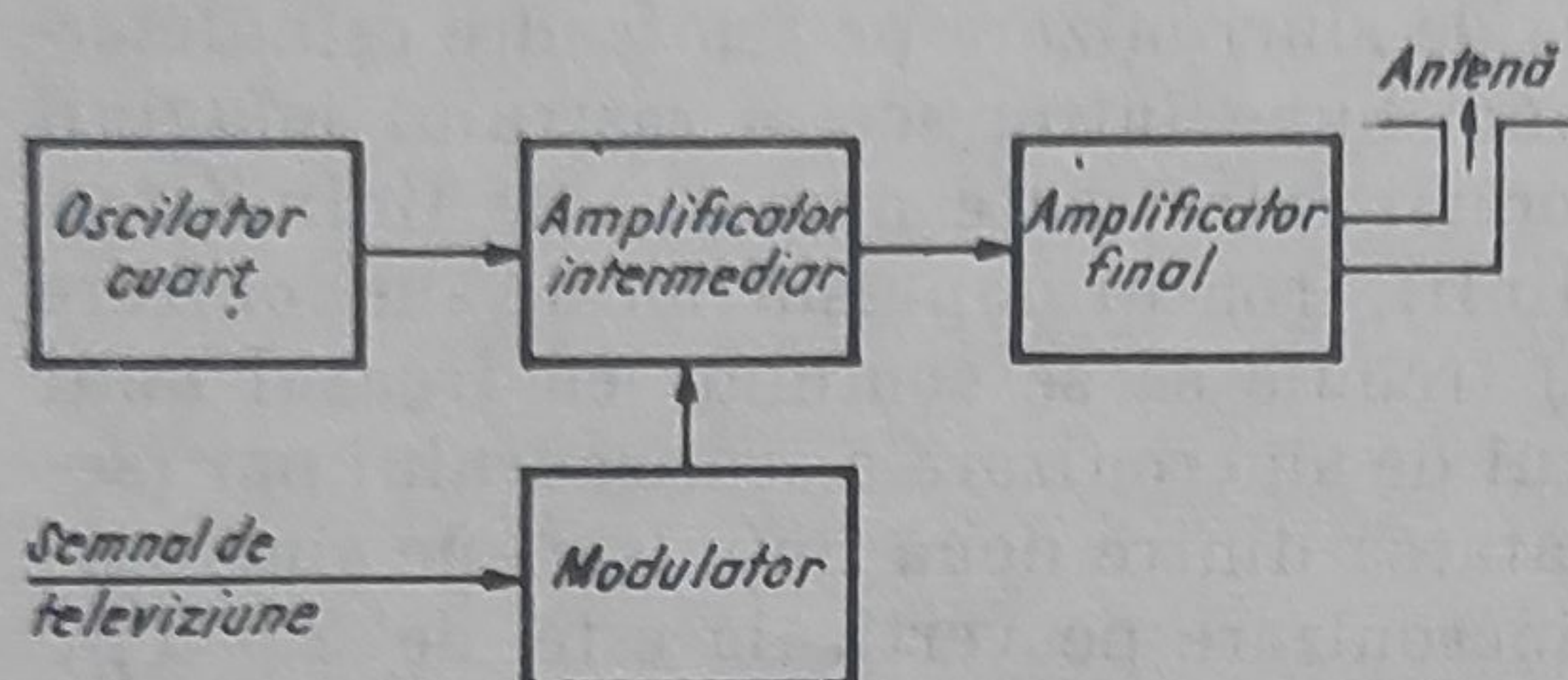


Fig. 1.18. Schema bloc a unui emițător de televiziune.

Modularea purtătoarei cu semnal de televiziune poate fi efectuată fie în amplificatorul intermediar, fie în cel final. Cel mai frecvent, modularea se efectuează în amplificatorul intermediar.

Așa cum s-a arătat, în canalul de comunicație trebuie transmisă și componenta medie a semnalului de televiziune. Întrucât la intrarea în modulator ea lipsește, datorită trecerii semnalului de televiziune prin etaje de amplificare în cuplaj capacitiv, se impune restabilirea ei în emițător.

Pentru transmiterea semnalului de televiziune se folosește modulația de amplitudine. Pentru o frecvență modulatorie de $f_m = 6,5\text{ MHz}$ și frecvență subpurtătoare f_s , spectrul semnalului modulat este $f_s \pm f_m$, adică ocupă o bandă de 13 MHz . Întrucât informația este concentrată într-o singură bandă laterală și întrucât este dificil de a separa două benzi laterale (fiind foarte apropiate), în televiziunea radiodifuzată se transmite o bandă laterală completă, iar din cealaltă bandă laterală se transmite doar $0,75\text{ MHz}$. Așadar, banda ocupată de semnalul de televiziune modulat va fi de $7,25\text{ MHz}$.

Întrucât în banda de frecvență afectată emițătorului se transmite și sunetul, acestuia i se alocă o bandă de $0,5\text{ MHz}$, deoarece sunetul se transmite cu modulație de frecvență.

În concluzie, fiecare semnal de televiziune trebuie să aibă la dispoziție o bandă de frecvență de 8 MHz .

Transmiterea semnalului de televiziune nu poate fi făcută pe orice lungime de undă. Trebuie ținut seamă că în cazul modulației de amplitudine, frecvența trebuie să fie de $8\div 10$ ori mai mare decât frecvența maximă a semnalului de televiziune, adică nu mai mică de 50 MHz ($\lambda = 6\text{m}$). Limita superioară a frecvenței subpurtătoare se alege din condiția de propagare. Cercetările au arătat că la frecvențe mai mari de 1000 MHz ($\lambda < 30\text{ cm}$), apare fenomenul de absorbție a undelor în atmosferă.

Așadar pentru transmiterea prin radio a semnalului de televiziune se folosește gama de frecvență de la 50 MHz la 1000 MHz , în care sînt aranjate 78 de canale de televiziune.

Pentru realizarea corectă a recepției, sînt date frecvențele purtătoare de imagine și sunet în cadrul fiecărui canal. În cadrul standardului nostru de televiziune frecvența subpurtătoare de sunet este cu $6,5\text{ MHz}$ mai mare decât frecvența subpurtătoare de imagine.

Întrucât strălucirea imaginii transmise nu poate fi negativă, tensiunea semnalului de imagine este întotdeauna pozitivă. Deci semnalul de televiziune

este unipolar. Datorită acestui fapt, sînt posibile două feluri de modulație de amplitudine: modulația pozitivă (trecerea pe imagine de la alb la negru conduce la micșorarea puterii emițătorului) și modulația negativă (trecerea pe imagine de la alb la negru conduce la mărirea puterii emițătorului).

În majoritatea stațiilor, inclusiv în țara noastră, se folosește modulația negativă.

Cu toate că modulația de frecvență conduce la un spectru de frecvență de 3÷5 ori mai mare decît banda de frecvență a semnalului de imagine, ea prezintă o serie de avantaje care o fac aplicabilă la transmiterea semnalului de televiziune prin radiorelee, cu care se pot asigura transmisiuni la mari distanțe.

1.9. SCHEMA BLOC A UNUI TELEVIZOR ALB-NEGRU

Schema bloc a unui televizor alb-negru este dată în fig. 1.19. Semnalul captat de antenă (care este sub 1 mV) este amplificat în amplificatorul de înaltă frecvență și apoi amestecat cu un semnal dat de un oscilator local. Prin această operație se obține un semnal de frecvență intermediară care este amplificat cu un amplificator de frecvență intermediară și demodulat în detectorul de amplitudine.

Întrucît semnalul de televiziune rezultat după detectare este de cca 1÷2V, iar tensiunea de comandă a cinescopului trebuie să fie peste 20÷30 V, după detecție urmează un amplificator de videofrecvență.

Din semnalul de televiziune obținut în amplificatorul de videofrecvență se separă componenta de sincronizare, după care urmează extragerea impulsu-

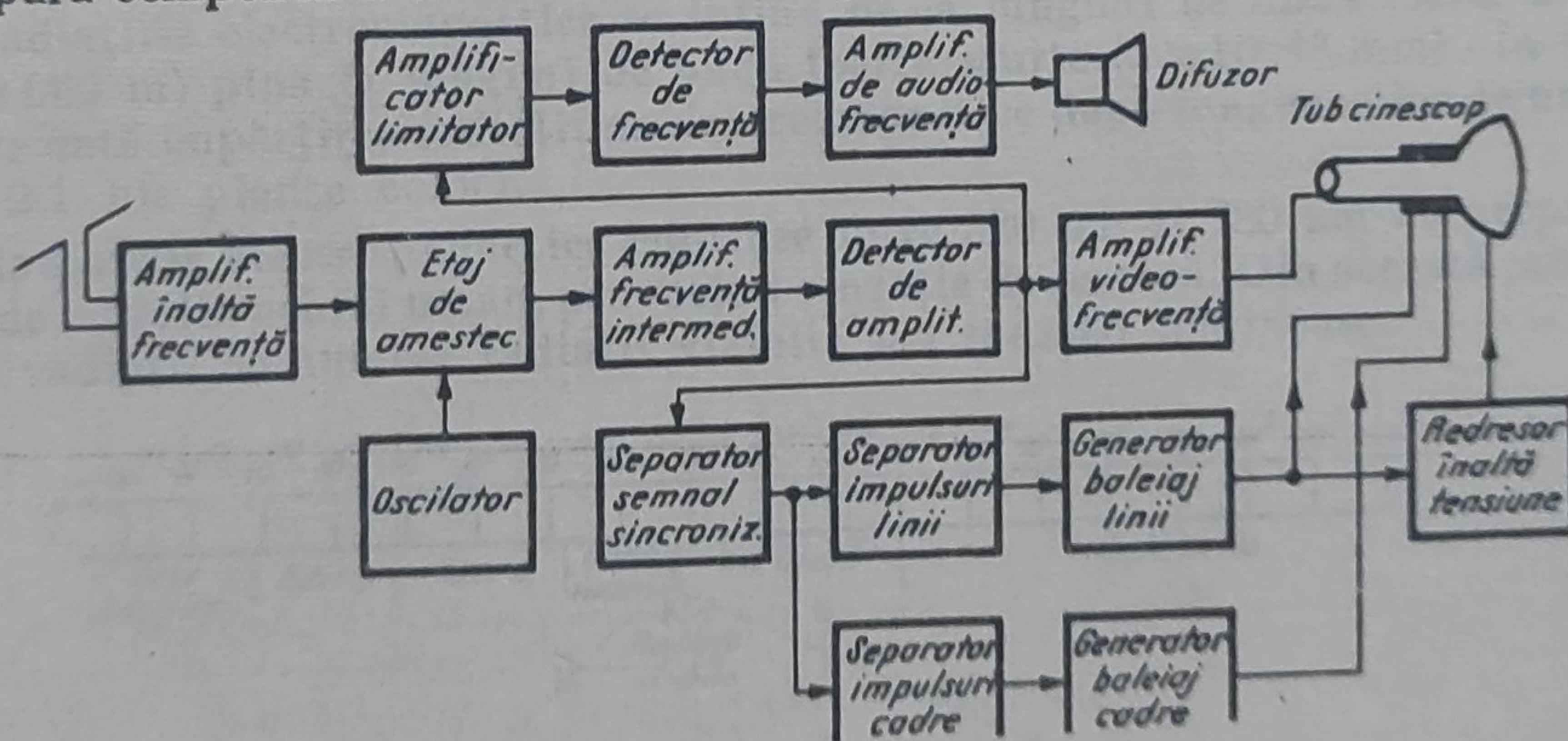


Fig. 1.19. Schema bloc a unui televizor alb-negru.

rilor de linii și cadre. Impulsurile de linii comandă generatorul de baleiaj linii, iar impulsurile de cadre comandă generatorul de baleiaj cadre. Curenții dați de cele două generatoare alimentează bobinele de baleiaj ale tubului cinescop.

Întrucît semnalul de sunet însoțitor se transmite la o frecvență apropiată de frecvența de transmitere a semnalului de imagine, ambele semnale urmează aceeași cale de la antenă pînă la ieșirea amplificatorului de videofrecvență.

La ieșirea amplificatorului de videofrecvență, semnalul de sunet se extrage cu ajutorul unui circuit rezonant acordat pe frecvența de 6,5 MHz. Avînd în vedere că acest semnal este modulat în amplitudine de către semnalul de televiziune și în frecvență de semnalul de sunet, el trebuie limitat pentru a înlătura modulația de amplitudine. Detectorul de frecvență realizează demodularea semnalului de sunet modulat în frecvență. După detecție, semnalul este amplificat într-un amplificator de audiofrecvență și apoi este aplicat unui difuzor.

De obicei, alimentarea televizoarelor cu energie se realizează de la rețea sau de la baterie. Și într-un caz și în celălalt, tensiunea înaltă de alimentare a tubului cinescop (cca 18 kV) se obține prin redresarea unor impulsuri de înaltă tensiune obținute în secundarul unui transformator, alimentat în primar cu impulsuri de linii de la generatorul de baleiaj linii.

Cum percepem culorile

2.1. NOȚIUNEA DE CULOARE

Fizica modernă a dovedit că orice corp de pe Pământ sau din univers este alcătuit din atomi, care, la rîndul lor, conțin particule cu sarcini electrice. Dacă aceste particule execută o mișcare variată, atunci ele radiază în spațiu unde electromagnetice. Propagarea acestor unde se face cu viteza luminii, care, în vid, este de cca 300 000 km/s. O radiație electromagnetică este definită prin lungimea de undă λ (sau prin frecvența sa f). Între aceste două mărimi și viteza luminii, care se notează cu c , există relația:

$$\lambda f = c.$$

Radiațiile electromagnetice se întind de la lungimi de undă foarte mari ($\lambda \approx 10\,000\text{ m}$) pînă la lungimi de undă foarte scurte ($\lambda \approx 10^{-10}\text{ mm}$). În fig. 2.1 este dată împărțirea radiațiilor electromagnetice după lungimea lor de undă (vezi 2.1 bis planșe color).

Radiațiile electromagnetice cuprinse între 380 nm și 780 nm au proprietatea de a excita ochiul uman, provocînd senzația de lumină. Din această cauză, aceste radiații se numesc radiații vizibile sau radiații luminoase.

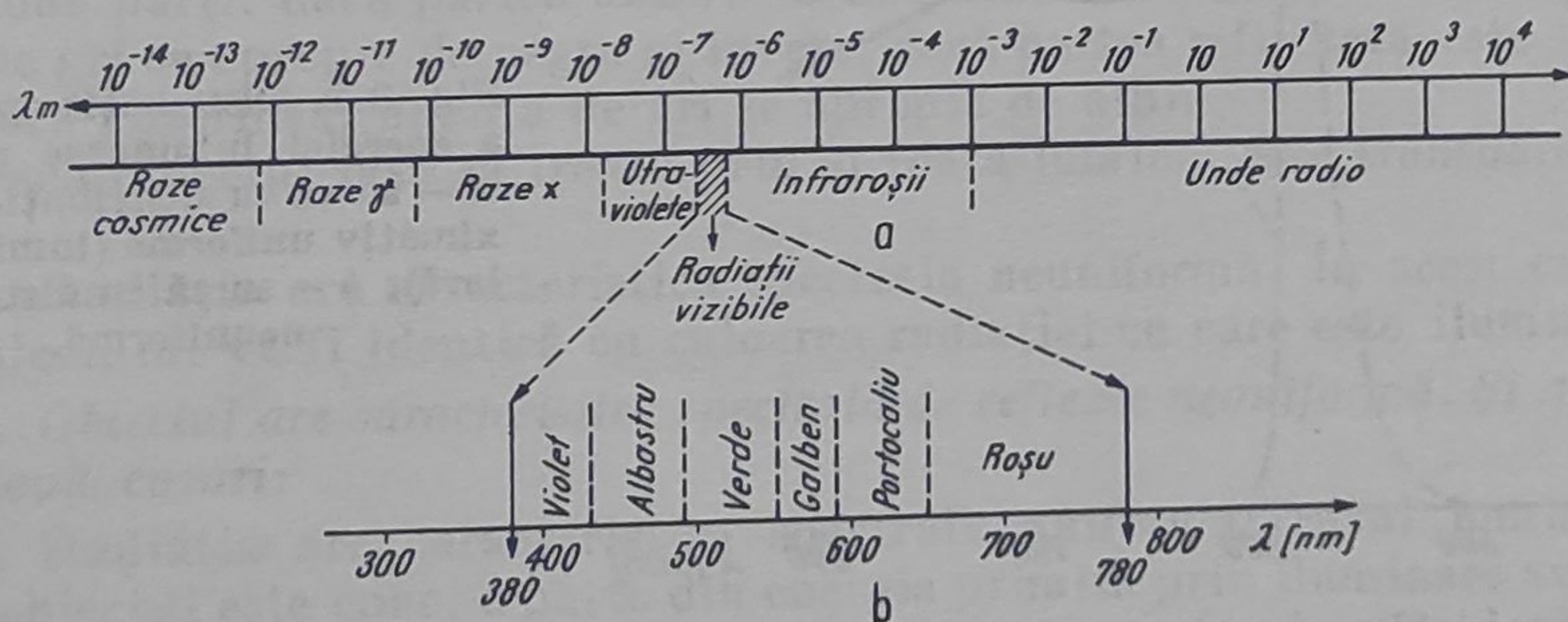


Fig. 2.1. Spectrul radiațiilor electromagnetice.

Excitînd ochiul uman cu radiații luminoase de anumite lungimi de undă se obțin senzații de diferite culori, pe care, în mod obișnuit le definim prin cuvinte. Astfel, radiația luminoasă cu lungimea de undă $\lambda = 780\text{ nm}$ produce

roșu. În aceste condiții, ochiul observatorului va identifica culoarea obiectului ca fiind roșu.

b. Radiația are caracteristica spectrală neuniformă.

În acest caz, caracteristica spectrală a radiației care acționează asupra ochiului depinde atât de caracteristica spectrală a radiației sursei, cât și de cea a coeficientului de absorbție a obiectului. Dacă, de pildă, iluminăm un obiect, care are proprietatea de a absorbi radiațiile cu toate lungimile de undă în afară de cele cuprinse între 430–490 nm (gama albastru), cu o lampă cu vapori de mercur, care produce radiații vizibile în domeniul corespunzător culorilor albastru-verde, atunci radiația reflectată de corp și percepută de ochi va conține doar componentele cu lungimile de undă corespunzătoare gamei de albastru. Deci, culoarea obiectului va fi albastru.

3. *Obiectul are caracteristica spectrală de transparență neuniformă. Un astfel de obiect este transparent.*

Dacă este privit de ochiul omului de pe aceeași parte cu sursa de radiație, identificarea culorii se face ca și în cazul obiectelor opace.

Dacă, însă, este privit din partea opusă sursei de radiație, culoarea obiectului va depinde de caracteristica spectrului de transparență. Analiza fenomenelor este similară cu cea de la punctul 2.

Din categoria obiectelor transparente fac parte și filtrele colorate care sînt utilizate pentru a modifica prin transparență distribuția spectrală a radiației luminoase policolore care le traversează. Prin analogie, ele se comportă ca și filtrele de bandă utilizate în amplificatoarele selective.

Din cele prezentate, rezultă că identificarea culorii reale a unui obiect implică iluminarea acestuia cu lumină albă (radiație cu spectru de egală energie). Culoarea reală a obiectului poate fi modificată prin iluminarea cu radiații cu caracteristici spectrale neuniforme sau cu ajutorul filtrelor selective dispuse în calea luminii albe către ochi.

2.2. PERCEPEREA CULORILOR

În procesul vederii, asupra ochiului uman acționează permanent radiații luminoase cu diferite intensități și lungimi de undă. Comportarea ochiului uman la aceste radiații luminoase se cunoaște cu destulă precizie; în schimb, explicația științifică a senzațiilor vizuale ce iau naștere sub acțiunea radiațiilor luminoase — în special în domeniul culorilor — nu este încă suficient demonstrată.

Se admite că retina ochiului, pe suprafața căreia se formează imaginea optică a obiectului privit, este formată dintr-o structură nervoasă complicată. În componența acestei structuri se află două genuri de celule sensibile la lumină: bastonașele (aproximativ 130 milioane) și conurile (aproximativ 7 milioane).

Bastonășele au sensibilitate ridicată la lumină, fără însă a fi capabile să deosebească culorile. Conurile au sensibilitate scăzută la lumină, în schimb au proprietatea de a deosebi culorile. De aceea, la lumină mai intensă, ochiul distinge mai bine nuanțele de culoare. Odată cu reducerea iluminării obiectelor, ochiul le distinge culoarea mai greu. Sub un anumit prag de iluminare, culoarea obiectelor nu mai este distinsă, în schimb forma lor poate fi încă

identificată (de aceea, la lumina slabă a nopții, toate obiectele sînt percepute fără culoare).

Distribuția bastonașelor și a conurilor pe retină este neuniformă: în regiunea petei galbene — partea centrală a retinei — densitatea conurilor este maximă, iar cea a bastonașelor este minimă (în centrul petei galbene chiar lipsesc). Pe măsură ce ne îndepărtăm de pata galbenă, numărul conurilor scade, iar densitatea bastonașelor ajunge la un maxim, după care descrește.

În momentul de față, este acceptată teoria vederii tricrome, conform căreia celulele sensibile la culoare — conurile — se împart în trei grupe: grupa celulelor sensibile la roșu, grupa sensibilă la verde și grupa sensibilă la albastru. Identificarea unei culori se realizează prin acțiunea combinată a celor trei grupe de celule; este ca și cum organul vizual analizează radiația primită, determinînd conținutul relativ al radiațiilor corespunzătoare lungimilor de undă din regiunile roșu, verde și albastru, după care are loc sinteza în creier.

Cu toate că teoria vederii tricrome se cunoaște de peste 100 de ani, răstimp în care multiplele experiențe au confirmat-o, și că această teorie a stat la baza elaborării tuturor sistemelor actuale de televiziune în culori, ea este contestată, susținîndu-se că conversia luminii în senzații vizuale se realizează printr-un proces destul de complicat, asimilînd retina cu un microprocesor destul de evoluat. Se aduc și alte argumente pentru susținerea teoriei vederii policrome, preluată și dezvoltată în [21].

Este interesant de amintit cum se reflectă distribuția conurilor pe retină asupra senzației de culoare. În limitele unghiului de 20° pe verticală și 70° pe orizontală, ochiul poate distinge practic întreaga gamă de culori. Între 20° – 60° pe verticală și 70° – 100° pe orizontală se disting doar culorile galben și albastru. Peste 60° pe verticală ochiul nu mai distinge nici o culoare, iar pe orizontală între 100° – 120° mai distinge doar culoarea albastră, după care încetează să mai perceapă vreo culoare.

Procesul de prelucrare a informației conținute în imaginea optică care se formează pe suprafața retinei este destul de complicat și insuficient cunoscut. Cu toate acestea, se poate afirma că la nivelul retinei are loc o separare a informațiilor conținute în imaginea optică de pe retină: informația de strălucire, care apare datorită reacțiilor fotosensibile ale bastonașelor se separă de informația de culoare care apare ca urmare a reacției fotosensibile a conurilor. În urma acestor reacții, energia luminoasă este transformată în energie chimică și apoi în energie electrică. Aceste informații (de strălucire și de culoare) se transmit prin intermediul nervului optic către creier, unde sînt memorate temporar (ca urmare a transformării energiei electrice în energie biologică). Identificarea strălucirii și culorii obiectului se face prin compararea acestor informații înregistrate cu cele memorate anterior și care au fost acumulate pe baza experienței.

2.3. CARACTERISTICA VIZIBILITĂȚII RELATIVE

În calculele colorimetrice este important de știut cum variază sensibilitatea organului vizual în funcție de lungimea de undă a radiației luminoase. În urma a nenumărate măsurători, făcute pe indivizi cu vedere normală și în condiții de iluminare normală, în 1924, Comisia internațională în domeniul

iluminării a standardizat caracteristica spectrală de vizibilitate relativă (fig. 2.3). Această caracteristică arată cum variază senzația de strălucire, în funcție de lungimea de undă a radiației monocromatice de intensitate energetică constantă. Din această caracteristică rezultă că sensibilitatea maximă a organului vederii se află în regiunea spectrală galben-verde (mai exact pentru $\lambda=555$ nm). Sensibilitatea ochiului scade pe măsură ce ne apropiem de regiu-

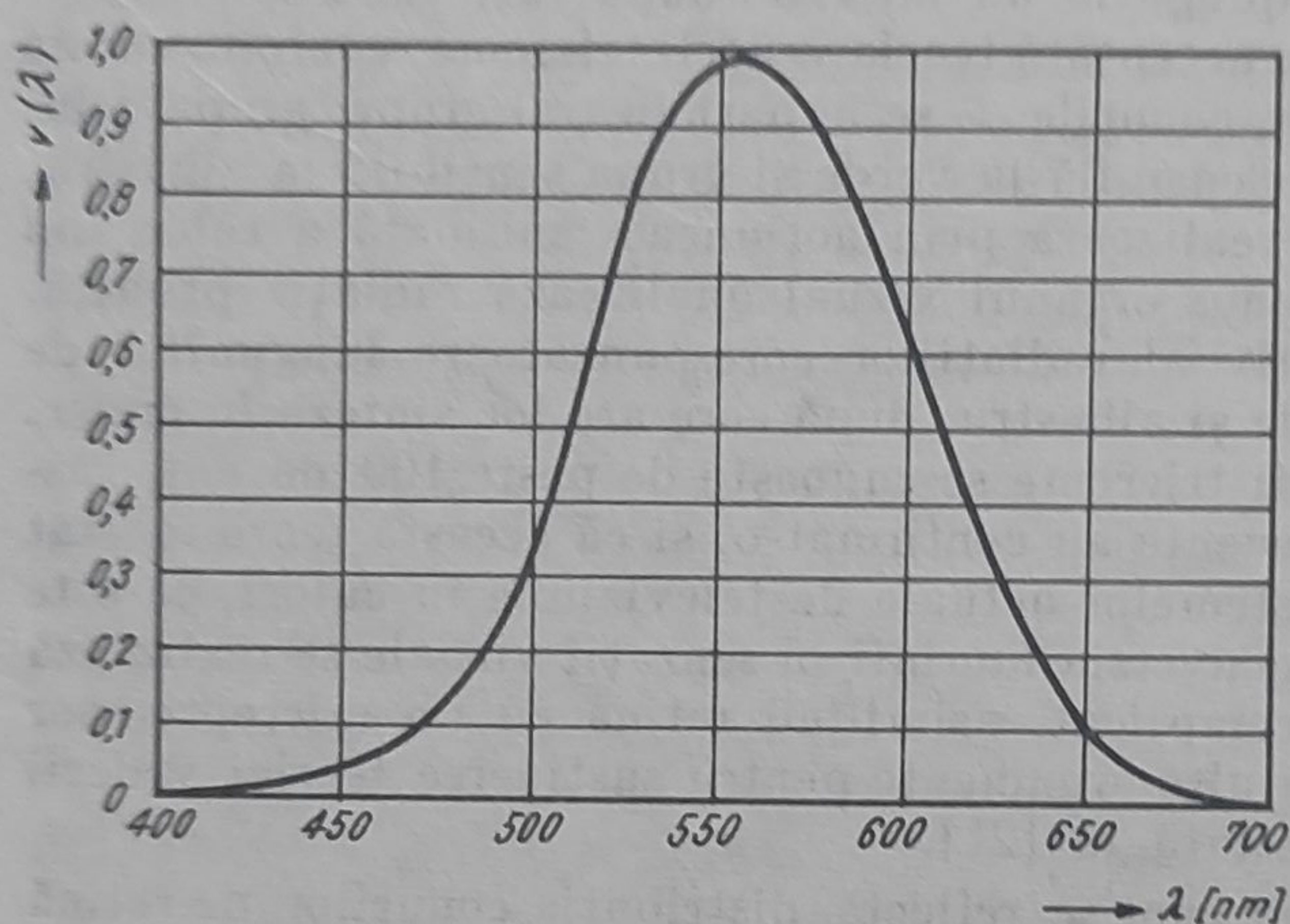


Fig. 2.3. Caracteristica spectrală de vizibilitate relativă a ochiului.

nile laterale ale spectrului (pentru $\lambda=380$ nm și $\lambda=780$ nm, sensibilitatea practic este egală cu zero).

Curba din fig. 2.3 poate fi interpretată și altfel: ea ne arată care trebuie să fie intensitatea energetică a diferitelor surse de radiații monocromatice pentru a fi percepute de ochi cu aceeași strălucire. De exemplu, pentru trei surse monocromatice cu lungimea de undă $\lambda_R=700$ nm (roșu), $\lambda_G=546,1$ nm (verde) și $\lambda_B=435,8$ nm (albastru) se obțin coeficienții $v_R=0,0041$, $v_G=0,9756$, $v_B=0,0173$; dacă se ia drept referință intensitatea sursei monocromatice de verde, atunci intensitățile surselor de roșu și albastru trebuie să fie de 244, respectiv 48,8 ori mai mare pentru ca toate cele trei surse să producă aceeași senzație de strălucire.

Amintim că în televiziunea alb-negru, cînd pe ecran se reproduce doar informațiile de strălucire ale obiectelor, transmiterea detaliilor colorate trebuie să se facă astfel încît acestea să fie reproduse conform curbei din fig. 2.3. Aceasta înseamnă că detaliile colorate de aceeași intensitate energetică trebuie reproduse în alb-negru cu străluciri corespunzătoare curbei amintite. Acest deziderat se realizează prin aceea că caracteristica spectrală a tubului videocaptor este asemănătoare cu caracteristica spectrală a ochiului. În acest caz, pe televizorul alb-negru, culorile roșu și albastru vor apare ca întunecoase, iar cele mov și verde ceva mai deschise, iar cele de culoare galben vor apare ca luminoase.

În condițiile de iluminare redusă, alura curbei rămîne practic aceeași, dar se deplasează spre stînga cu cca. 45÷50 nm. În acest caz, sensibilitatea spectrală a ochiului depinde nu numai de lungimea de undă a radiației luminoase, dar și de nivelul de excîtare a ochiului, de care depinde numărul de conuri și bastonașe participante la procesul de percepere. De aceea, în amurg suprafețele roșii ni se par întunecoase, iar cele albastre și verzi mai luminoase.

2.4. CARACTERISTICILE FOTOMETRICE ALE RADIĂȚIILOR LUMINOASE

Datorită sensibilității diferite a ochiului față de undele electromagnetice de diferite lungimi, radiația luminoasă nu poate fi determinată de putere, așa cum se face, de pildă, în radiotehnică. Pentru a caracteriza acțiunea luminii asupra ochiului este insuficient să se indice doar puterea sursei de radiație luminoasă. Așa cum rezultă din graficul din fig. 2.3, două radiații monocromatice de aceeași putere (de exemplu, 1W), din care una este din regiunea spectrală a roșului, iar cealaltă, din regiunea spectrală a galbenului, produc senzații vizuale diferite: radiația monocromatică galbenă produce senzația unei lumini relativ puternice, pe când cea roșie produce o senzație mult mai slabă. De aceea, pentru caracterizarea fenomenelor luminoase se folosesc și alte mărimi fotometrice: fluxul luminos Φ , intensitatea luminoasă I , iluminarea E și luminanța B .

FLUXUL LUMINOS

Prin flux luminos se înțelege puterea radiației, apreciată după senzația de lumină pe care o produce. Fluxul luminos se măsoară în lumeni (lm).

Dacă realizăm o sursă, care transformă toată energia primită în lumină monocromatică cu lungimea de undă de 555 nm, atunci fiecare watt va da un flux luminos de 683 lm. Pentru a afla fluxul luminos corespunzător fluxului altei lungimi de undă (de pildă, roșu cu $\lambda=700$ nm), trebuie să înmulțim fluxul luminos de 683 lm cu ordonata curbei din fig. 2.3, (în cazul nostru, 0,0041), adică $683 \cdot 0,0041 = 2,8003$ lm.

În general, fluxul luminos al unei radiații cu caracteristica spectrală $\varphi(\lambda)$ este egal cu:

$$\Phi = 683 \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \cdot v(\lambda) d\lambda \quad (2.1)$$

INTENSITATEA LUMINOASĂ

Prin intensitate luminoasă se înțelege densitatea spațială a fluxului luminos. Dacă în limitele unghiului solid $\Delta\Omega$ se emite un flux luminos $\Delta\Phi$, uniform distribuit, atunci intensitatea luminoasă este:

$$I = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega} \quad (2.2)$$

Intensitatea luminoasă se măsoară în candelă (cd).

ILUMINAREA

Prin iluminare se înțelege densitatea fluxului luminos pe suprafața luminoasă și este egală cu raportul dintre fluxul luminos și aria suprafeței pe care cade în mod uniform acest flux:

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S} \quad (2.3)$$

Unitatea de iluminare este luxul (lx).

LUMINANȚA

Luminanța caracterizează intensitatea radiației luminoase a unei surse de radiație într-o direcție dată pe unitatea de suprafață normală pe această direcție, adică

$$B = \frac{\Delta I}{\Delta S_n}, \quad (2.4)$$

în care ΔS_n este proiecția unui element de pe suprafața sursei pe un plan perpendicular pe direcția de observație, iar ΔI este intensitatea luminoasă a acesteia.

Unitatea de luminanță este candela pe metru pătrat (cd/m^2).

2.5. DEFINIȚIA CULORII

Culoarea controlează lumea reală în care trăim. În viața și activitatea omului, culoarea a jucat și joacă un rol foarte important. În domeniul științelor naturale, de pildă, culoarea constituie un indiciu foarte important de diagnosticare: cu ajutorul ei se pot ușor defini speciile de plante, animale, minerale etc. Dar și viața noastră spirituală, trăirile și emoțiile noastre, sînt influențate de culori: de pildă, albastrul deschis ca cerul ne provoacă o stare de liniște, dar întunecat spre indigo ne produce o stare de depresiune; sau roșul deschis provoacă buna dispoziție, dar roșul foarte închis și strălucitor ne poate produce o stare de iritabilitate.

Încă de la începuturile civilizației umane, omul a trebuit să-și definească culorile, cel puțin cele de bază. Așa se explică faptul că în fiecare limbă există cuvinte care definesc culorile principale, cum ar fi: alb, negru, roșu, verde, albastru, galben. Pentru definirea unor culori s-a recurs la culorile unor obiecte din mediul înconjurător, culorile florilor constituind sursa de bază. Dar, înseși caracteristicile culorilor obiectelor sînt nedeterminate; de aceea, este greu de a le folosi la definirea culorilor.

Se impune, așadar, necesitatea de a găsi o posibilitate de măsură a culorii, bazată pe cifre, litere sau ceva asemănător. Pentru aceasta trebuie să dispunem de o măsură a culorii. Dar, aici apare o particularitate de care trebuie să ținem seama: culoarea nu este o mărime, cum de pildă este luminanța, ci doar o calitate. De pildă, nu se poate spune că o culoare este mai mare sau mai mică decît altă culoare. De aceea, sistemele de exprimare a culorii prin numere au particularități specifice, cu care vom face cunoștință mai departe.

Mai trebuie amintit că exprimarea culorii prin cifre este departe de a rezolva toate problemele legate de practica culorii. Printre altele, trebuie să se țină seama și de particularitățile percepției culorilor în funcție de condițiile de observare, de poziția obiectului printre alte obiecte ce-l înconjoară etc.

În paragraful precedent s-a arătat că noțiunea de culoare include atît factorul obiectiv, care este radiația luminoasă, cît și factorul subiectiv, care este senzația de culoare. Ochiul identifică o culoare după *strălucire*, *nuanță* și *saturație*. Acestor parametri subiectivi le corespund alți trei parametri obiec-

tivi de apreciere cantitativă a unei culori și anume: *luminanța*, *lungimea de undă dominantă* și *puritatea*.

Luminanța face parte din sistemul de mărimi efective fotometrice, care ține seama de acțiunea radiațiilor luminoase asupra ochiului, adică ține seama de caracteristica vizibilității relative a ochiului, $v(\lambda)$. În sistemele de măsură a culorii, o asemenea interpretare a luminanței este corectă, deoarece știința care se ocupă cu metodele de determinare a culorii trebuie să țină seama și de senzațiile pe care le produc radiațiile vizibile.

Dintre mărimile care caracterizează în mod efectiv o radiație luminoasă (cum sînt fluxul luminos Φ , iluminarea E , intensitatea luminoasă I), luminanța B este cea mai importantă, deoarece ochiul reacționează tocmai la această mărime, căci iluminarea retinei este proporțională cu luminanța suprafeței urmărite.

Correspondentul psihosenzorial al mărimii luminanță este *strălucirea* (uneori, apare și sub denumirea de *luminozitate*).

Strălucirea este un atribut al senzației vizuale potrivit căruia o sursă luminoasă (directă sau indirectă) pare că emite lumină mai mult sau mai puțin intensă. Spre deosebire de luminanță, strălucirea nu poate fi măsurată nemijlocit și exprimată cantitativ, deoarece are un caracter pur subiectiv. Între strălucire și luminanță nu întotdeauna există o dependență liniară. De pildă, dacă intensitatea iluminării unei suprafețe se dublează, atunci luminanța acestei suprafețe se dublează și ea, în schimb strălucirea ei poate să rămână neschimbată. În paragraful următor se dau și alte elemente din care rezultă mai bine deosebirea dintre luminanță și strălucire.

Lungimea de undă dominantă reprezintă lungimea de undă a acelei culori spectrale (monocromatice) care amestecată cu culoarea albă în anumite proporții dă aceeași senzație de culoare ca și radiația inițială.

*Nuanța** este correspondentul psihosenzorial al mărimii lungime de undă dominantă. Nuanța culorii reprezintă acea particularitate a culorii după care ea este asociată unei anumite regiuni a spectrului de frecvență și care permite să se dea o denumire unei culori.

Puritatea culorii reprezintă acea cantitate de culoare spectrală care adăugată culorii albe dă aceeași senzație ca și radiația inițială:

$$B = \frac{B_\lambda}{B_\lambda + B_w} = \frac{B_\lambda}{B}, \quad (2.5)$$

în care B_λ — luminanța culorii spectrale
 B_w — luminanța culorii albe
 B — luminanța culorii amestecate.

Saturația culorii este correspondentul psihosenzorial al mărimii puritate. Saturația reprezintă gradul de deosebire a culorii cromatice date, de culoarea albă care are aceeași strălucire și care permite să se estimeze proporția senzației cromatice pure conținute în senzația vizuală totală.

Saturația culorii se caracterizează prin amestecul de culoare albă în culoare dată. Cu cît proporția de culoare albă este mai redusă în culoarea dată, cu atît aceasta din urmă este mai vie, mai saturată. Întrucît culorile spectrale (monocromatice) nu conțin culoare albă, ele sînt culori pure, au saturație

* În lucrare vom folosi termenul „nuanță” folosit deja în literatura noastră de specialitate, cu toate că în STAS este indicat termenul „tonalitate”.

maximă. Majoritatea culorilor din natură conțin culoarea albă, deci sînt culori diluate, mai puțin pure (ele se mai numesc și culori pastel).

Așadar, descrierea unei culori prin cuvinte poate fi înlocuită prin cifre, definind-o, în acest fel, în mod precis. De pildă, culoarea trandafiriiu pastel este o culoare de roșu puțin saturat, care prin cifre se exprimă astfel: $\lambda = 650 \text{ nm}$ și $p = 0,1$.

Cu toate că un asemenea mod de determinare a culorii este unic, el nu este folosit în calculele colorimetrice ale televiziunii în culori. De aceste calcule ne vom ocupa în capitolele ce urmează.

În legătură cu parametrii enumerați, amintim că mărimile lungimea de undă dominantă și puritatea se reunesc sub denumirea de *cromaticitate*, iar nuanța și saturația sub denumirea de *cromie*.

2.6. ADAPTAREA OCHIULUI LA STRĂLUCIRE

Luminanța obiectelor ce ne înconjoară variază într-o gamă foarte largă — de la $0,1 \text{ cd/m}^2$ (catifea neagră) la 30000 cd/m^2 (zăpadă în zi cu soare). Ochiul nu poate percepe simultan această gamă imensă de luminanță; în schimb, el posedă acea proprietate extraordinară de a se adapta la nivelul predominant al luminanței mediului înconjurător, astfel încît obiectele cu luminanță mai mare decît luminanța medie ne apar ca luminoase, iar cele cu luminanță mai mică decît luminanța medie ne apar ca întunecate. Pentru orice nivel mediu de luminanță, la care are loc adaptarea ochiului, există un nivel de luminanță care creează senzația de negru și un altul care creează senzația de alb.

Așadar, gama luminanțelor care creează senzațiile de la alb la negru depinde de nivelul mediu al luminanței la care s-a adoptat ochiul.

Trecerea de la un nivel de adaptare la alt nivel de adaptare nu are loc brusc, ci după un anumit timp. Durata de acomodare a vederii la trecerea de la întuneric la lumină („adaptarea la lumină”) poate ajunge la cîteva secunde. Abia după acest timp, ochiul poate să distingă obiectele în noul mediu în care a trecut. În schimb, la trecerea de la lumină la întuneric („adaptarea la întuneric”) procesul de acomodare durează mult mai mult. De pildă, la stingerea luminii într-o cameră întunecată, avem nevoie de un timp foarte mare pentru a reuși să distingem contururile unor obiecte. Se poate vorbi și de fenomenul de adaptare locală, care are loc atunci cînd se privesc simultan și într-un timp mai îndelungat obiecte de luminanțe diferite. De pildă, dacă în timp de cca 10 minute se privește o foaie de hîrtie albă, jumătate fiind acoperită cu ceva negru, atunci după înlăturarea corpului negru, partea descoperită va fi sesizată de ochi ca fiind mai albă decît cealaltă parte.

Cum reacționează ochiul la diferențele de luminanță?

Ochiul uman poate sesiza doar diferențele de luminanță care depășesc un anumit prag de diferență de luminanță ΔB_p (adică ochiul poate sesiza o modificare a luminanței B a unui obiect numai dacă luminanța acestuia devine $B + \Delta B_p$ sau $B - \Delta B_p$). Acest prag depinde de mărimea luminanței B . Pentru un domeniu de luminanță, cuprins între aproximativ 1 cd/m^2 și 500 cd/m^2 , raportul:

$$\epsilon = \frac{\Delta B_p}{B}, \quad (2.5)$$

este constant și egal cu 0,01. Aceasta înseamnă că ochiul poate percepe în mod distinct două luminanțe, numai dacă ele se deosebesc cu mai mult de 1%. Sau altfel spus, un obiect poate fi distins de un fond numai dacă luminanța lui se deosebește de luminanța fondului cu mai mult de 1%. Pentru luminanțe foarte mari sau foarte mici, raportul $\frac{\Delta B}{B}$ nu mai este constant, iar valoarea lui crește; deci, sensibilitatea de contrast a ochiului scade.

Conform legii Weber-Fechner, dacă excitațiile cresc în progresie geometrică, atunci senzațiile cresc în progresie aritmetică. Această lege este valabilă pentru domeniul de luminanță cuprins între aproximativ 1cd/m² și 500 cd/m². Aplicând această lege la senzațiile vizuale, se poate scrie:

$$\Delta A = K \cdot \frac{\Delta B}{B} \quad (2.6)$$

în care ΔA este diferența dintre strălucirile A și $A + \Delta A$ (sau $A - \Delta A$) care rezultă în timpul privirii a două suprafețe alăturate cu luminanțele B și $B + \Delta B$ (sau $B - \Delta B$), iar K este un coeficient de proporționalitate.

Din relația (2.6) rezultă că între strălucire și luminanță există legea:

$$A = K' \cdot \log B, \quad (2.7)$$

adică strălucirea este proporțională cu logaritmul luminanței. Deci, strălucirea crește mai încet decât crește luminanța.

2.7. ADAPTAREA OCHIULUI LA CULOARE

Așa cum adaptării ochiului la luminanță îi este caracteristică lipsa de corespondență liniară dintre luminanță și strălucire (adică între luminanța obiectului și senzația creată), tot astfel în cazul adaptării ochiului la culoare, este valabilă necorespondența liniară dintre cromaticitate și cromie (adică între culoarea obiectului și senzația de culoare ce ia naștere).

Datorită fenomenului de adaptare, perceperea culorii unui obiect este influențată de culorile obiectelor înconjurătoare. Prezența în câmpul vizual a corpurilor de culori diferite poate modifica contrastul vizual prin percepere modificată a strălucirilor, a nuanțelor sau saturațiilor.

Se cunoaște, de pildă, că obiectele privite pe fond închis ni se par mai luminoase, iar cele privite pe fond luminos ni se par mai întunecoase. Este interesant că luminanța obiectului se modifică independent de culorile obiectului și ale fondului.

De asemenea, două culori alăturate cu luminanțe diferite sînt percepute ca avînd un contrast de culoare mai mare decât în realitate. De exemplu, un bleu iluminat normal lîngă un albastru strălucitor ni se pare verzui (a crescut contrastul de culoare deoarece verdele este mai îndepărtat față de albastru decât culoarea bleu). Aceasta se explică prin aceea că sursa de radiație a unei culori strălucitoare provoacă, pe de-o parte, scăderea sensibilității ochiului la această culoare (mai exact a celulelor sensibile la această culoare) și, pe de altă parte, mărirea sensibilității celulelor ochiului care sînt excitate cu radiația slabă; drept urmare, are loc o schimbare în perceperea unor culori în sensul mării contrastelor de culoare.

Modificarea percepției culorii sub influența altei culori are loc și când ambele culori au aceeași nuanță, dar diferă prin saturație. În acest caz, nuanța culorii cu saturație mai mică virează către culoarea sa complementară sub influența unei culori de aceeași nuanță, dar de saturație mai pronunțată.

De asemenea, unul și același obiect așezat pe fonduri de culori diferite este perceput ca având nuanțe diferite de culoare. De pildă, un obiect gri pe fond roșu este perceput ca fiind verzui; pe fond albastru ni se pare gălbui, iar pe fond verde ni se pare roșcat. La fel, un obiect albastru privit pe fond roșu și fond verde va fi perceput ca având culori diferite și anume culorile complementare fondului (în cazul nostru bleu, respectiv, purpuriu).

O urmare a fenomenului de adaptare descris constă în faptul că orice culoare în contextul culorii sale complementare ni se pare mai saturată. Dacă culoarea este înconjurată de o culoare mai saturată, atunci saturația ei ni se pare mai redusă. Acest fenomen apare mai pronunțat pe fondul culorilor calde (gama culorilor între roșu și verde) decât pe fondul culorilor reci (gama culorilor între albastru și verde).

Există și un alt mod de adaptare și anume: dacă după o privire concentrată de câteva secunde a unui corp colorat (să zicem, verde) trecem cu privirea pe un fond alb, atunci continuăm un anumit timp să vedem corpul într-o culoare complementară culorii obiectului (în cazul nostru, purpuriu). Sau alt exemplu: dacă privim un anumit timp prin ochelari gălbui și apoi îi îndepărtăm, atunci obiectele din jur ni se par colorate în albastru.

Este interesant de amintit fenomenul de apariție a senzației de culoare în condițiile vizualizării unor imagini alb-negru care se succed într-o anumită ordine. De pildă, un disc colorat, într-un anumit fel, cu alb și negru și învîrtit cu o anumită frecvență ne apare colorat în nuanțe diferite din centru spre margine. Nu toate persoanele sînt apte să observe acest fenomen, pe baza căruia s-au transmis prin televiziune obiecte alb-negru cu scopul de a le recepționa colorate pe televizorul alb-negru.

Vom mai arăta, de asemenea, modul în care ochiul percepe două culori apropiate ca nuanță. Ochiul uman poate sesiza diferențele de culoare care depășesc un anumit prag al diferenței de lungime de undă, $\Delta\lambda$ (adică, ochiul poate sesiza o modificare a culorii unei radiații luminoase λ numai dacă culoa-

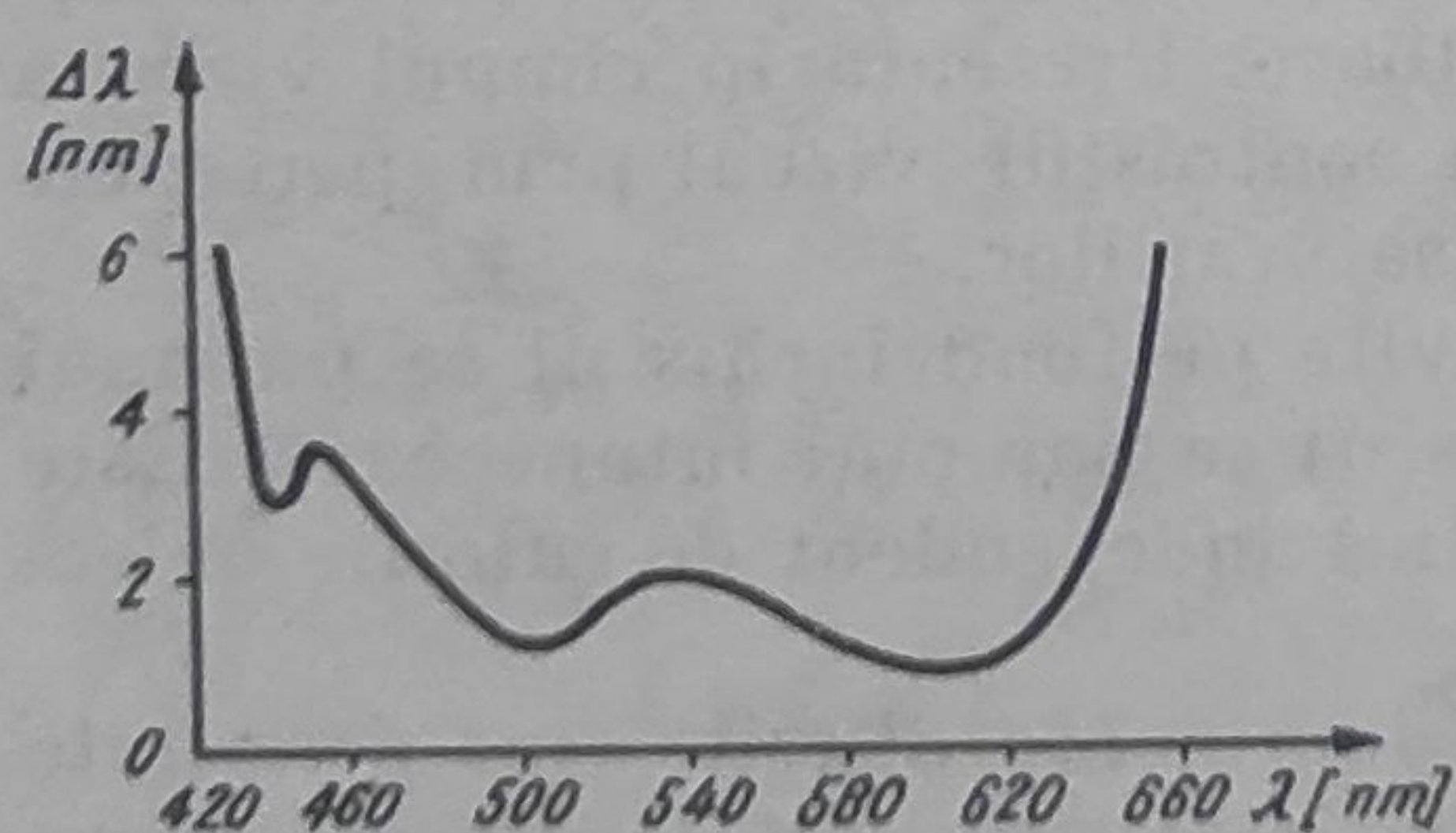


Fig. 2.4. Curba capacității ochiului de a discerne diferențele de nuanță.

rea acesteia devine $\lambda + \Delta\lambda$ sau $\lambda - \Delta\lambda$). Acest prag depinde de lungimea de undă. În fig. 2.4 este prezentată curba de variație a pragului $\Delta\lambda$ în funcție de λ . Fără a comenta în detaliu această curbă, observăm doar că la capetele spectrului, $\Delta\lambda$ este mare, în special în domeniul roșului, unde radiațiile luminoase ale căror lungimi de undă depășesc 700 nm nu mai pot fi distinse după nuanță (toate sînt percepute cu aceeași nuanță). Cele mai mici praguri se află în domeniul 480–640 nm, în special la lungimile de undă de 500 nm (dome-

niul verdelui) și 600 nm (domeniul portocaliului) unde, o schimbare a lungimilor de undă doar cu 1 nm este percepută de ochi ca o modificare a nuanței culorii respective.

În condițiile micșorării saturației sau a unor luminanțe foarte mari sau foarte mici, pragul de percepere a nuanței crește, deci numărul nuanțelor percepute de ochi scade.

La saturația medie, ochiul este puțin sensibil la schimbările purității culorii. În schimb, la saturații foarte mari sau foarte scăzute, ochiul este mult mai sensibil la modificarea purității culorii.

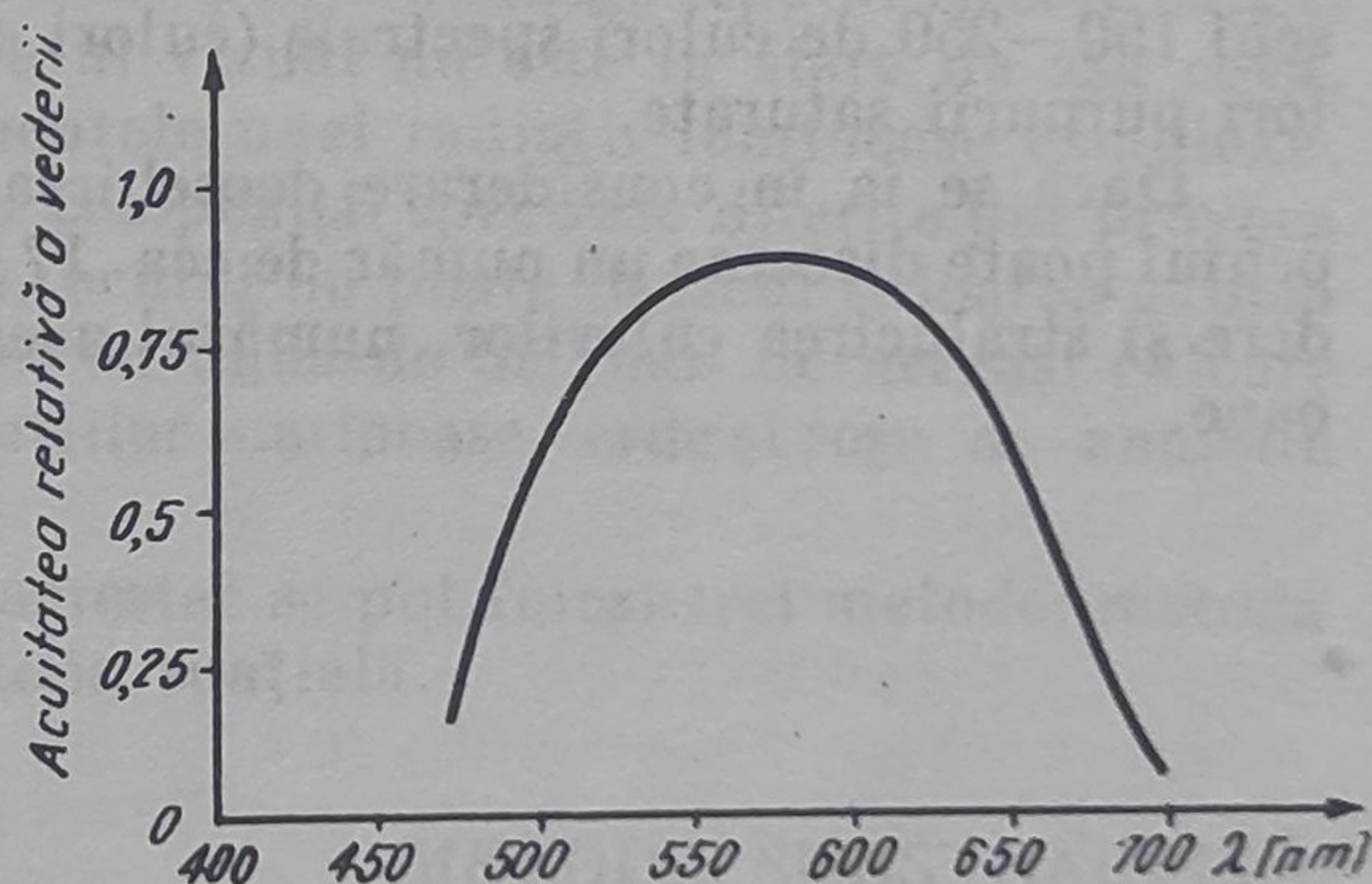
2.8. PERCEPEREA VIZUALĂ A DETALIILOR

Ochiul uman prezintă o serie de particularități și în privința percepției detaliilor obiectelor sau imaginilor acestora. De aceste particularități trebuie să se țină seama la elaborarea sistemelor de televiziune.

Pentru a defini capacitatea ochiului de a distinge detalii se folosește noțiunea de acuitate vizuală. Acuitatea vizuală se apreciază prin mărimea unghiului vizual minim φ , cu vârful în centrul cristalinului, sub care se văd încă distinct două puncte ale obiectului sau imaginii acestuia. Se mai folosește și mărimea inversă a unghiului φ (adică $\frac{1}{\varphi}$) care se numește puterea de separare a ochiului.

Acuitatea vizuală este limitată de o serie de factori, dintre care amintim: distribuția discretă pe retină a celulelor sensibile la lumină (bastonașele și conurile), fenomenul de difracție a luminii, condițiile de iluminare etc. În regiunea centrală a petei galbene, acuitatea vizuală este maximă, adică detaliile fine pot fi distinse numai dacă sînt proiectate în această regiune. Întrucît în această regiune se găsesc doar celule în formă de con, este necesar să se asigure

Fig. 2.5. Dependența acuității vizuale în funcție de lungimea de undă a radiațiilor monocromatice care iluminează detalii negre pe fond alb.



o iluminare suficientă ca să fie asigurată starea de funcționare a acestor celule (care, așa cum s-a amintit, sînt mai puțin sensibile decît bastonașele).

Acuitatea vederii depinde în mare măsură de culoarea detaliilor. Astfel, acuitatea vizuală este maximă în cazul în care detaliile sînt iluminate cu radiații monocromatice situate în regiunea centrală a spectrului luminos (corespunzătoare culorilor verde și galben-verde); ea scade pentru radiațiile situate către periferia spectrului (fig. 2.5).

Prin micșorarea dimensiunilor detaliilor unei imagini care conțin toate culorile se observă următoarele: la început detaliile violete nu mai pot fi distinse de cele gri, apoi urmează detaliile galben-portocalii. Pe măsură ce continuăm să micșorăm dimensiunile detaliilor, observatorul începe să încurce detaliile de culoare maro cu cele de culoare roșu-zmeuriu și detaliile albastre cu cele verzi; de asemenea, toate culorile ni se par mai puțin saturate. Dacă continuăm să micșorăm dimensiunile detaliilor, se constată că mai întâi detaliile roșii nu mai pot fi distinse de cele gri, iar apoi cele albastre-verzi nu se mai deosebesc de cele gri. Pentru dimensiuni și mai mici, ochiul nu mai poate distinge detaliile după culoare, ci doar după strălucire.

Cercetările în acest domeniu au dus la concluzia că detaliile foarte mici pot fi transmise în alb-negru, cele mici pot fi transmise cu ajutorul doar a două culori (roșu-portocaliu și albastru-bleu), iar cele mari trebuie transmise cu ajutorul a trei culori. De acest lucru s-a ținut seama la elaborarea actualelor sisteme de televiziune în culori (așa cum se va vedea mai departe).

2.9. CULORILE PERCEPUTE DE OCHI

La aprecierea numărului de culori percepute de ochi trebuie să se ia în considerație faptul că, în natură, există și culori purpurii pe care nu le-am întâlnit printre culorile spectrale. Aceasta înseamnă că nu există radiație de o anumită lungime de undă care să dea senzația de culoare purpurie. Dar, se cunoaște că toată gama de culori purpurii se obține prin amestecul în anumite proporții a culorilor spectrale laterale roșu și violet. Prin amestecul celor două culori limită se obține gama culorilor purpurii saturate (adică cu saturație maximă).

Numărul de culori, percepute de ochi ca diferite, depinde de mulți factori, cum ar fi condițiile de observare, starea observatorului etc.

În literatura de specialitate există date din care rezultă că ochiul poate deosebi 150—250 de culori spectrale (culori cu saturație maximă) și 130—140 culori purpurii saturate.

Dacă se ia în considerare deosebirea culorilor după nuanță și saturație, ochiul poate discerne un număr de cca 17 000 de culori, iar dacă se are în vedere și strălucirea culorilor, numărul acestora poate ajunge pînă la 10 milioane.

Care sînt principiile colorimetriei

Colorimetria este o parte a fizicii care se ocupă cu metodele și mijloacele de determinare a culorilor. Ea ține seama de proprietățile ochiului și ale senzațiilor pe care le produc radiațiile vizibile. În teoria sistemelor de televiziune în culori, colorimetria folosește la rezolvarea problemelor privind formarea rațională a semnalului de transmisie, gama culorilor reproduse, distorsiunile admise etc.

3.1. AMESTECUL CULORILOR

Puține sînt cazurile cînd întîlnim radiații monocromatice. De obicei, asupra ochiului acționează radiații luminoase care cuprind aproape toate lungimile de undă (adică toate culorile spectrului). Dar ochiul nu este în stare să constate acest lucru, ci el percepe radiația ca o culoare bine determinată. Prin aceasta vederea se deosebește de auz: ascultînd un acord format din mai multe note de diferite înălțimi, aparatul auditiv poate distinge separat fiecare sunet, cu toate că ele sună simultan; aparatul vizual nu este în stare de așa ceva, el nu poate percepe separat componentele unei radiații luminoase complexe. De aceea, două radiații luminoase cu compoziții spectrale diferite pot provoca aceeași senzație de culoare. De pildă, ochiul nu poate deosebi culoarea galben a radiației monocromatice cu lungimea de undă de 590 nm de aceeași culoare galbenă obținută prin amestecul radiațiilor luminoase verde și roșu de anumite lungimi de undă.

Pentru obținerea culorilor prin amestec se pot folosi trei metode: metoda substractivă, metoda aditivă și metoda spațială.

METODA SUBSTRACTIVĂ

Metoda substractivă se bazează pe extragerea culorilor: o culoare se obține prin modificarea compoziției spectrale a radiației unei surse luminoase cu ajutorul mediilor absorbante de lumină. Rezultă că o culoare poate fi obținută numai dacă sursa luminoasă conține această culoare. Metoda substractivă de amestec al culorilor este întîlnită în pictură, în practica fotografiei în culori și în tehnica cinematografiei în culori. În sistemele substructive de obținere a culorilor se folosesc drept culori fundamentale următoarele vopsele sau filtre

luminoase: galben (este transparent între 500—700 nm), purpurie (este transparent între 400—500 nm și 600—700 nm) și albastru (este transparent între 400—600 nm).

METODA ADITIVĂ

Metoda aditivă de obținere a culorilor se bazează pe amestecul radiațiilor luminoase de la mai multe surse. Această metodă și-a găsit aplicații în tehnica televiziunii în culori, de aceea și cele ce urmează se referă la această metodă. Amestecul aditiv al culorilor se poate realiza: simultan, secvențial.

Metoda simultană. În acest caz, fluxurile luminoase ale culorilor amestecate acționează simultan asupra ochiului. Dacă pe un ecran alb se proiectează, de pildă, trei radiații monocromatice de roșu, verde și albastru se pot obține culori noi, în funcție de proporțiile radiațiilor primare. Astfel, prin amestecul simultan al radiațiilor de roșu și verde se obține culoarea galben; amestecul de verde cu albastru dă culoarea bleu (albastru turcoaz), iar amestecul de roșu cu albastru ne dă culoarea mov (purpuriu) (fig. 3.1, vezi planșe color). Prin amestecul celor trei culori se obține culoarea albă.

Metoda secvențială. În acest caz, fluxurile luminoase ale culorilor amestecate acționează secvențial asupra ochiului. Pentru a percepe culoarea amestecului este necesar ca frecvența de repetiție a fluxului să fie mai mare decât frecvența critică a ochiului. De exemplu, prin rotirea rapidă a unui disc, pe care sînt dispuse diferite culori sub formă de sectoare de diferite mărimi unghiulare, se pot obține culori noi.

Metoda spațială. În acest caz, o suprafață se acoperă cu puncte sau linii mărunte de diferite culori. Privită de la o anumită distanță, o asemenea suprafață ni se pare a avea o singură culoare deoarece prin intermediul organului vederii are loc o contopire a senzațiilor de la punctele mărunte de diferite culori. Amestecul spațial al culorilor se folosește în practică în pictură, industria textilă și televiziunea în culori.

Încă din anul 1853 H. Grassmann a formulat legile de bază ale combinării culorilor:

1. Pentru orice culoare se poate alege o altă culoare complementară cu care, amestecată în anumite proporții, ne dă culoarea albă. Practica a arătat că nu se pot găsi pentru toate culorile monocromatice culori complementare monocromatice corespunzătoare. De pildă, culorile monocromatice între lungimile de undă 493 nm și 567 nm le corespund, drept culori complementare, culorile purpurii, care, așa cum am văzut, sînt culori care se obțin prin amestecul culorilor violet și roșu. Cu toate acestea, se poate considera că culorile purpurii și culorile cu lungimile de undă între 493 nm și 567 nm sînt culori complementare. În acest fel, se poate stabili noțiunea de saturație a culorilor purpurii și anume, saturația unei culori purpurii se consideră egală cu saturația culorii complementare a acesteia. Culorilor primare, folosite în televiziunea în culori, roșu, verde și albastru, le corespund culorile complementare, respectiv, turcoaz, mov și galben.

2. Amestecul a două culori necomplementare are una din culorile aflate între culorile participante la amestec. Modificarea uneia din culorile care formează amestecul conduce la modificarea culorii amestecului.

3. Prin amestecul a două culori rezultă întotdeauna aceeași culoare, indiferent din ce culori este formată fiecare din ele. Cu alte cuvinte, amestecul de

culori nu depinde de compoziția spectrală a culorilor componente. Aceasta se datorește faptului că ochiul uman nu reacționează la forma caracteristicilor spectrale ale radiației, ci percepe această radiație integral.

Din ultimele două legi, decurg următoarele consecințe:

- amestecul a două culori, fiecare formată din amestecul a mai multor culori, corespunde amestecului culorilor care formează cele două componente;

- culoarea amestecului nu se modifică dacă din componentele sale se elimină culoarea acestuia;

- dacă două culori, fiecare în parte, se confundă cu a treia, atunci se confundă și între ele.

4. Strălucirea amestecului culorilor este egală cu suma strălucirilor componentelor amestecului.

5. Orice culoare poate fi obținută cu ajutorul a trei culori liniar independente, adică amestecul a două dintre ele nu trebuie să dea niciodată a treia culoare.

3.2. ALEGEREA CULORILOR PRIMARE

Așa cum s-a arătat în paragrafele precedente, în procesul de identificare a unei culori de către organul vederii intervine analiza componentelor dominante de roșu, verde și albastru ale culorii date. Experiența a arătat că orice culoare, oricât de complexă ar fi alcătuirea ei, poate fi reconstituită, cu ajutorul a trei radiații luminoase monocromatice riguros definite. Este evident că aceste trei culori de bază trebuie să se situeze în domeniul roșului, verdelui și albastrului. Singura condiție care se impune la alegerea acestor culori este ca ele să fie liniar independente, adică nici o culoare din cele trei să nu poată fi obținută ca rezultat al amestecului celorlalte două. Culorile de bază se mai numesc și culori *primare* sau stimuli de referință. Ele determină *sistemul colorimetric* de reprezentare a culorilor în spațiu sau în plan.

Pînă în anul 1931 nu a existat un sistem colorimetric unic. Pentru exprimarea cantitativă a culorii, cercetătorii își alegeau singuri cele trei culori primare. Prezența a mai multor sisteme de reprezentare a culorilor îngreuna folosirea rezultatelor teoretice sau experimentale deoarece se impunea întotdeauna trecerea de la un sistem la altul.

Pe baza experienței acumulate, Comisia Internațională de Iluminare (CIE) a ales în 1931 un sistem colorimetric unic în care culorile primare sînt definite prin următoarele lungimi de undă:

$$\begin{aligned} \text{Roșu}^* (R): \quad \lambda_R &= 700 \text{ nm}; \\ \text{Verde} (G): \quad \lambda_G &= 546,1 \text{ nm}; \\ \text{Albastru} (B): \quad \lambda_B &= 435,8 \text{ nm}. \end{aligned} \tag{3.1}$$

La alegerea lungimilor de undă pentru verde și albastru s-a avut în vedere prezența în spectrul radiației vaporilor de mercur a unor linii de putere tocmai

* R de la Red; G de la Green; B de la Blue.

la lungimile de undă de 546,1 nm și 435,8 nm. Aceasta a ușurat cercetările în domeniul determinării parametrilor sistemului colorimetric.

Menționăm că în paragrafele următoare, sistemele colorimetrice luate în discuție vor avea la bază culorile primare alese de CIE.

3.3. MĂSURAREA CULORII

Și în televiziune, reproducerea întregii game de culori se bazează pe combinarea a trei culori primare (de referință), care, așa cum vom vedea, vor fi altele decât cele definite de relațiile (3.1). Întrucât în paragrafele anterioare s-a studiat amestecul culorilor din punct de vedere calitativ, în continuare ne vom referi la partea cantitativă. Una din problemele de care se ocupă colorimetria este și aceea a determinării relațiilor cantitative între radiațiile luminoase ale unui amestec și culoarea percepută de organul vederii. Întrucât experimentele colorimetrice se bazează, în final, pe senzații vizuale, este necesar să se dispună de caracteristici medii ale organului vederii. Aceste caracteristici s-au obținut pe baza unor multiple experiențe. Un exemplu îl constituie și caracteristica spectrală de vizibilitate relativă (vezi fig. 2.3). În continuare ne vom referi la noi caracteristici experimentale cu ajutorul cărora se poate defini exact orice culoare.

În ce raport trebuie să amestecăm radiațiile monocromatice R, G, B , definite de relațiile (3.1), pentru a obține o anumită culoare? Pentru a răspunde la această întrebare, să efectuăm mai întâi următoarea experiență:

Pe suprafața S_1 a prisme din fig. 3.2 se proiectează un flux luminos de o anumită culoare și de intensitate Φ lumeni. Pe cealaltă suprafață S_2 se

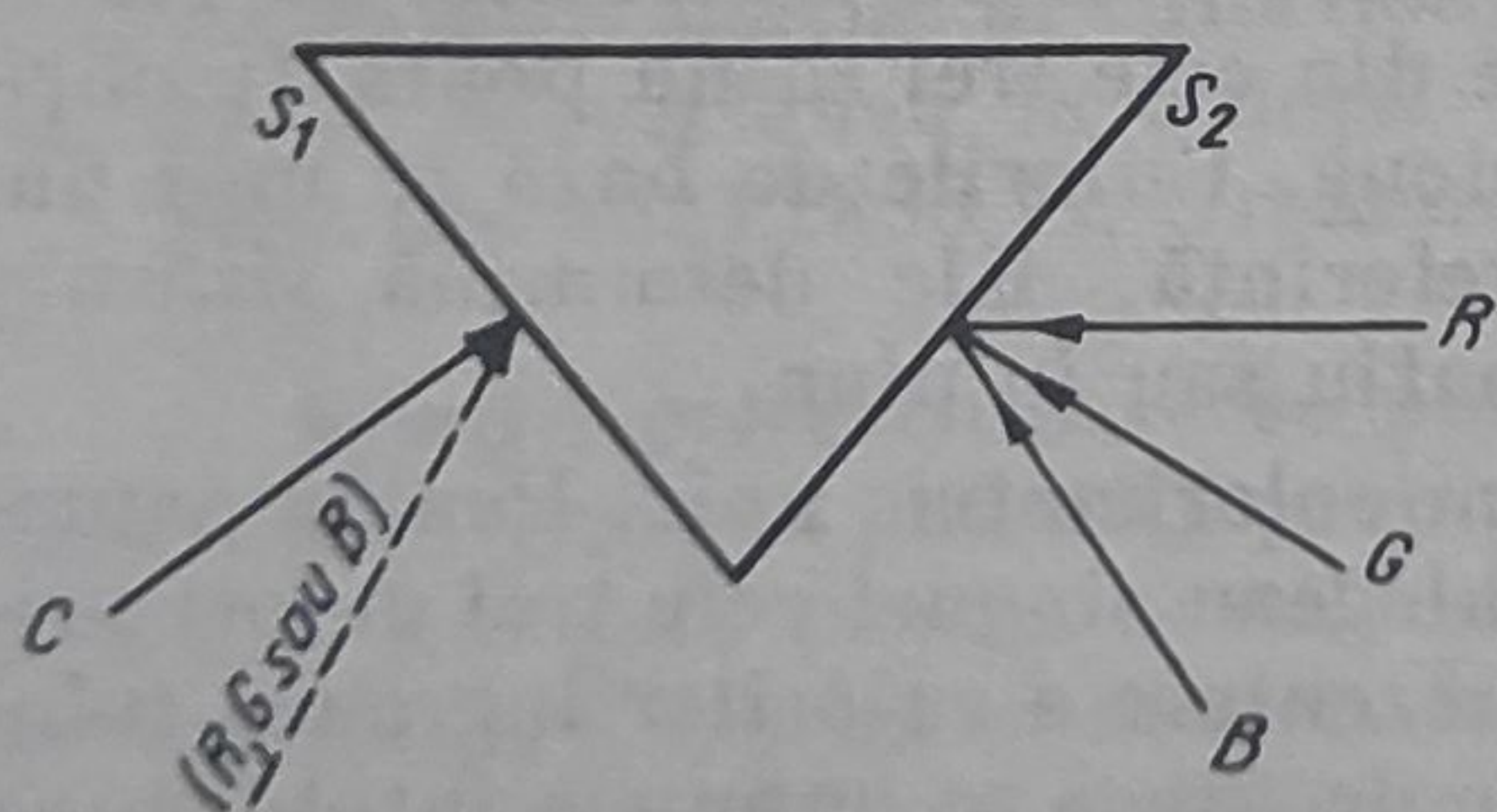


Fig. 3.2. Echivalarea culorilor.

proiectează simultan trei fluxuri, corespunzătoare culorilor primare alese R, G, B . Se modifică intensitatea acestora din urmă pînă cînd observatorul apreciază culorile de pe cele două fețe ca fiind identice ca nuanță, saturație și strălucire. Notînd aceste intensități cu Φ_R, Φ_G, Φ_B , obținem următoarea identitate:

$$\Phi = \Phi_R + \Phi_G + \Phi_B. \quad (3.2)$$

Dar, din punct de vedere cromatic, culoarea nu trebuie să depindă de mărimea absolută a fluxului luminos. De aceea, pentru determinarea culorii este suficient să se indice proporțiile fluxurilor Φ_R, Φ_G, Φ_B față de suma lor, adică:

$$\Phi'_R = \frac{\Phi_R}{\Phi_R + \Phi_G + \Phi_B}; \quad \Phi'_G = \frac{\Phi_G}{\Phi_R + \Phi_G + \Phi_B}; \quad \Phi'_B = \frac{\Phi_B}{\Phi_R + \Phi_G + \Phi_B}. \quad (3.3)$$

S-a constatat că fluxurile celor trei culori primare alese au o influență diferită asupra amestecului. De exemplu, un flux apreciabil de verde are o influență mai slabă asupra unui amestec decât un flux slab de albastru. De aceea, dacă se amestecă fluxurile de roșu, verde și albastru de aceeași intensitate (de exemplu, 1 lumen), culoarea amestecului nu va fi albă, ci albastră. Experiențele au arătat că lumina albă se obține prin amestecul unui flux roșu de 1 lumen, un flux verde de 4,59 lumeni și un flux albastru de 0,061 lumeni, adică:

$$\Phi_R : \Phi_G : \Phi_B = 1 : 4,59 : 0,06. \quad (3.4)$$

Pentru a simplifica calculele colorimetrice s-a convenit ca unitățile de măsură ale culorii să fie alese astfel:

- unitatea de măsură a culorii primare de roșu se consideră fluxul luminos cu $\lambda = 700 \text{ nm}$ și de intensitate 1 lumen;
- unitatea de măsură a culorii primare de verde se consideră fluxul luminos cu $\lambda = 546,1 \text{ nm}$ și de intensitate 4,59 lumeni;
- unitatea de măsură a culorii primare de albastru se consideră fluxul luminos cu $\lambda = 453,8 \text{ nm}$ și de intensitate de 0,06 lumeni.

Cele trei unități de măsură menționate se notează cu [R], [G], [B].

Acum întorcându-ne la fig. 3.2, constatăm că pentru a obține pe suprafața S_2 o culoare identică cu cea de pe suprafața S_1 este necesar să proiectăm R unități de măsură de culoare roșie, G unități de măsură de culoare verde și B unități de măsură de culoare albastră, adică:

$$C = R [R] + G [G] + B [B]. \quad (3.5)$$

Coeficienții R , G , B se numesc *componente tricromatice*.

Și culoarea C poate fi exprimată în unități de măsură. Dacă notăm cu $[C]$ — unitatea de măsură a culorii C în sistemul de măsură ales R , G , B , atunci cantitatea culorii C de pe suprafața S_1 (fig. 3.2) este egală cu m unități de măsură $[C]$:

$$C = m [C], \quad (3.6)$$

în care m este *modulul de culoare*:

$$m = R + G + B \quad (3.7)$$

Înlocuind relația (3.7) în (3.5) se obține ecuația colorimetrică:

$$m [C] = R [R] + G [G] + B [B]. \quad (3.8)$$

Mărimea unitară a culorii $[C]$ se numește *mărime tricromatică a culorii* respective și se notează cu T . Mărimea ei absolută poate fi diferită pentru diferite culori.

Dar, așa cum s-a mai arătat, culoarea propriu-zisă (cromaticitatea) depinde numai de cantitățile relative ale componentelor și nu de mărimile lor absolute. Pentru a pune în evidență aceasta, trebuie să împărțim cele trei componente R , G , B la suma lor, obținând următorii coeficienți:

$$r = \frac{R}{R+G+B}; \quad g = \frac{G}{R+G+B}; \quad b = \frac{B}{R+G+B}. \quad (3.9)$$

Este evident că, $r + g + b = 1$.

Coeficienții r, g, b se numesc *coordonate tricromatice*. Acești coeficienți arată în ce raport trebuie amestecate culorile primare pentru a obține o culoare dată, adică:

$$[C] = r [R] + g [G] + b [B] \quad (3.10)$$

Ecuatia (3.10) se numește *ecuație colorimetrică unitară* și determină cromaticitatea culorii (nuanța și saturația), indiferent de luminanța ei.

Pentru fixarea noțiunilor introduse, vom da un exemplu:

Fie culoarea C , care se obține prin amestecul culorilor R, G, B în următoarele cantități: 3 unități T de culoare roșie, 1 unitate T de culoare verde și 10 unități T de culoare albastră; deci în ecuația (3.8) avem $R=3, G=1, B=10$. Conform sistemului de referință ales, cu culorile primare determinate de relația (3.1), avem:

- unitatea de măsură 1T pentru culoarea roșie corespunde unui flux luminos $\Phi_{[R]}=1$ lumen;
- unitatea de măsură 1 T pentru culoarea verde corespunde unui flux luminos $\Phi_{[G]}=4,59$ lumeni;
- unitatea de măsură 1 T pentru culoarea albastră corespunde unui flux luminos $\Phi_{[B]}=0,06$ lumeni.

Așadar, pentru a obține culoarea C trebuie să amestecăm trei fluxuri luminoase: un flux luminos cu lungimea de undă de 700 nm (roșu) de intensitate $R \Phi_{[R]}=3 \cdot 1=3$ lumeni, un flux luminos cu lungimea de undă de 546,1 nm (verde) de intensitate $G \Phi_{[G]}=1 \cdot 4,59=4,59$ lumeni și un flux luminos cu lungime de undă de 435,8 nm (albastru) de intensitate $B \Phi_{[B]}=10 \cdot 0,06=0,6$ lumeni.

Culoarea C are modulul m egal cu: $m=R+G+B=3+1+10=14$ unități T și fluxul luminos este egal cu: $R \Phi_{[R]}+G \Phi_{[G]}+B \Phi_{[B]}=3+4,59+0,6=8,19$ lumeni.

Coordonatele tricromatice ale culorii C se determină din relația (3.9):

$$r = \frac{R}{m} = \frac{3}{14} = 0,2143; \quad g = \frac{G}{m} = \frac{1}{14} = 0,0714; \quad b = \frac{B}{m} = \frac{10}{14} = 0,7143.$$

Așa cum vom putea constata în continuare, culoarea C corespunde unei nuanțe purpurii destul de saturate.

Folosind principiul prisme din fig. 3.2, pe suprafața S_1 se proiectează pe rând câte o culoare monocromatică, iar pe suprafața S_2 se proiectează culorile primare unitare standardizate $[R], [G], [B]$. Realizarea identității culorilor pe cele două fețe se obține prin alegerea corespunzătoare a coeficienților R, G, B , după care se calculează coeficienții r, g, b cu relația (3.9). În urma efectuării unui număr mare de experiențe, Comisia Internațională de Iluminare a stabilit în 1931 coeficienții r, g, b pentru culorile monocromatice sub formă de tabel sau sub formă de grafic (fig. 3.3). Ordonatele acestor curbe arată în ce proporții trebuie amestecate culorile primare R, G, B pentru a obține o culoare subiectiv egală cu culoarea monocromatică a radiației a cărei lungime de undă se determină pe abscisă. De pildă, pentru a obține o culoare identică cu culoarea radiației monocromatice de lungime de undă egală cu $\lambda=510$ nm trebuie să amestecăm cele trei culori primare R, G, B în proporțiile:

$$r_1:g_1:b_1 = -1,337:1,932:0,405$$

Existența coeficienților tricromatici negativi se explică în felul următor. Așa cum rezultă din practică, prin amestecul a două sau trei culori monocromatice nu se poate obține o culoare monocromatică de saturație maximă. Aceasta înseamnă că la determinarea coeficienților r, g, b cu ajutorul prisme din fig. 3.2, pentru obținerea identității culorilor pe ambele fețe este necesar pentru anumite radiații monocromatice studiate să adăugăm pe fața S_1 una

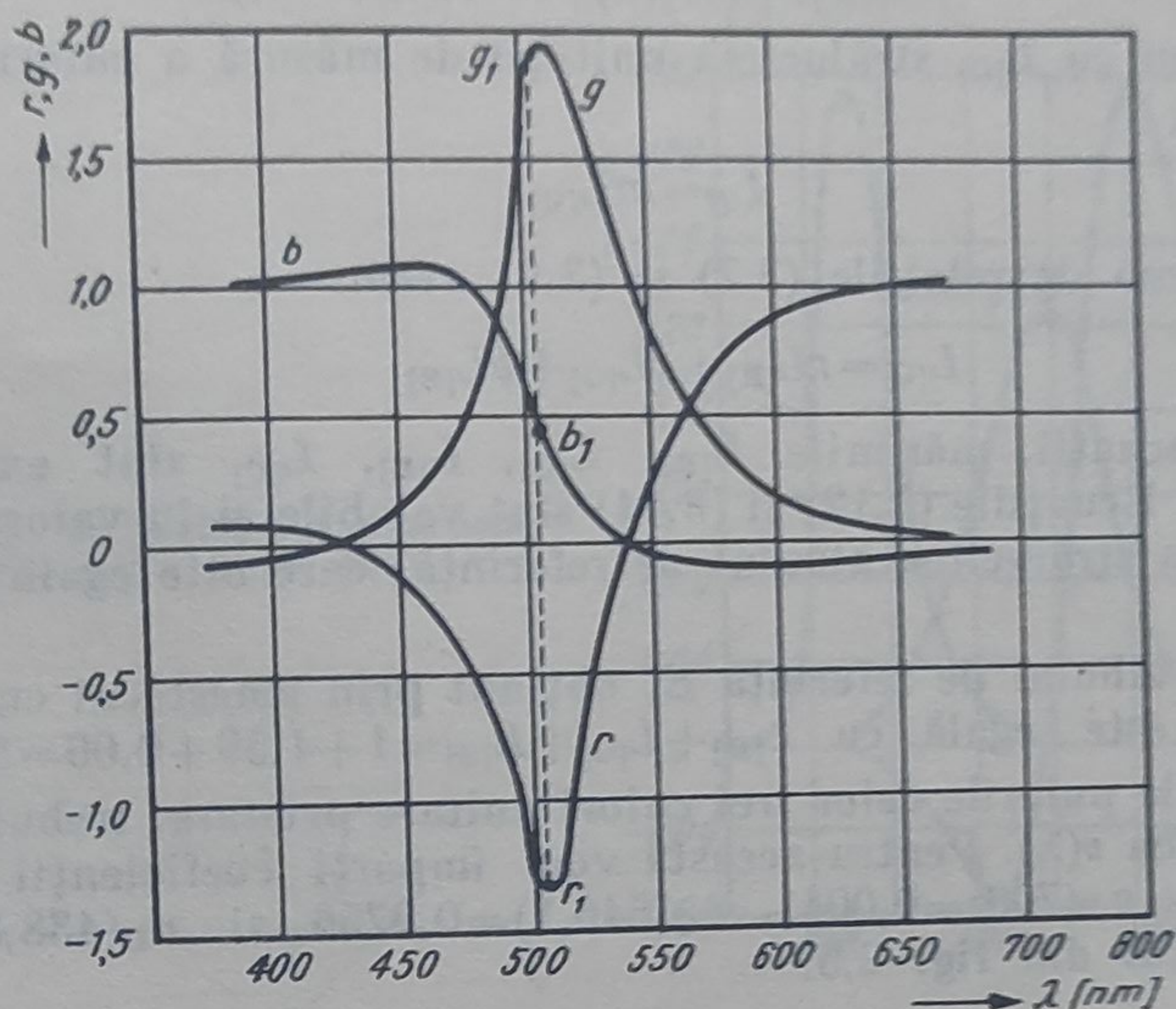


Fig. 3.3. Curbele de variație a coordonatelor tricromatice $r(\lambda)$, $g(\lambda)$, $b(\lambda)$.

din culorile primare R, G, B (în figură este arătat punctat). În acest fel se egalează și saturațiile celor două fețe. Matematic, acest lucru se scrie astfel:

$$C_1 + |r_1| [R] = g_1 [G] + b_1 [B],$$

de unde:

$$C_1 = -|r_1| [R] + g_1 [G] + b_1 [B].$$

Ecuația (3.10) este valabilă și pentru culoarea albă de referință, de egală energie, pentru care componentele spectrale au aceeași energie. Întrucât unitățile de măsură $[R]$, $[G]$, $[B]$ s-au ales tocmai din condiția ca luate în cantități egale să dea albul de egală energie și în același timp trebuie să avem $r+g+b=1$, rezultă:

$$C_E = \frac{1}{3} [R] + \frac{1}{3} [G] + \frac{1}{3} [B]. \quad (3.11)$$

Se poate trage concluzia că la baza calculelor colorimetrice stau următoarele date standardizate:

- caracteristica spectrală de vizibilitate relativă, $v(\lambda)$;
- coordonatele tricromatice r, g, b ;
- fluxurile luminoase relative ale culorilor primare unitare, $\Phi_{[R]}$, $\Phi_{[G]}$, $\Phi_{[B]}$, conform relațiilor (3.4).

Înainte de a trece la reprezentarea culorilor sub formă de diagrame, ne vom opri succint asupra unor elemente care derivă din datele obținute pînă în prezent.

1. Valorile obținute pentru fluxurile luminoase $\Phi_{[R]}$, $\Phi_{[G]}$ și $\Phi_{[B]}$ ale culorilor primare unitare pot fi extinse și asupra strălucirilor acestora: $L_{[R]} = 1 \text{ cd/m}^2$; $L_{[G]} = 4,59 \text{ cd/m}^2$ și $L_{[B]} = 0,06 \text{ cd/m}^2$. Așadar, $L_{[R]}$, $L_{[G]}$, $L_{[B]}$ sînt strălucirile culorilor primare unitare de mărime 1T. Rezultă că strălucirea culorii C obținută prin amestecul culorilor primare este:

$$L_C = RL_{[R]} + GL_{[G]} + BL_{[B]} \quad (3.12)$$

Dacă notăm cu $L_{[C]}$ strălucirea unității de măsură a culorii C, atunci avem:

$$L_C = mL_{[C]}. \quad (3.13)$$

Ținînd seama de relațiile (3.7) și (3.9) avem:

$$L_{[C]} = rL_{[R]} + gL_{[G]} + bL_{[B]}. \quad (3.14)$$

În aceste ecuații, mărimile $L_{[R]}$, $L_{[G]}$, $L_{[B]}$, $L_{[C]}$ sînt exprimate în valori absolute. Ecuațiile (3.12) și (3.14) sînt valabile și în valorile relative, raportîndu-ne la strălucirea albului de referință, care este egală cu: $L_{[R]} + L_{[G]} + L_{[B]}$.

Strălucirea albului de referință E , obținut prin amestecul culorilor primare unitare, este egală cu $L_{[R]} + L_{[G]} + L_{[B]} = 1 + 4,59 + 0,06 = 5,65 \text{ cd/m}^2$.

Pentru a afla puterile celor trei culori unitare primare, trebuie să ținem seama și de curba $v(\lambda)$. Pentru aceasta vom împărți coeficienții $L_{[R]}$, $L_{[G]}$, $L_{[B]}$ la valorile $v_R(700) = 0,0041$, $v_G(546,1) = 0,9756$ și $v_B(438,8) = 0,0173$, luate din graficul din fig. 2.5:

$$P_R = 1 : 0,0041 = 243,9 \text{ w}$$

$$P_G = 4,59 : 0,9756 = 4,66 \text{ w}$$

$$P_B = 0,06 : 0,0173 = 3,38 \text{ w}.$$

2. Introducînd în ecuația (3.14) coeficienții $L_{[R]} = 1$, $L_{[G]} = 4,59$, $L_{[B]} = 0,06$ și $b = 1 - (r + g)$ se obține ecuația drepte de strălucire (luminanță) constantă:

$$L_{[C]} = 0,94 r + 4,53 b + 0,06 \quad (3.15)$$

Punînd condiția $L_{[C]} = 0$, obținem ecuația drepte de luminanță nulă:

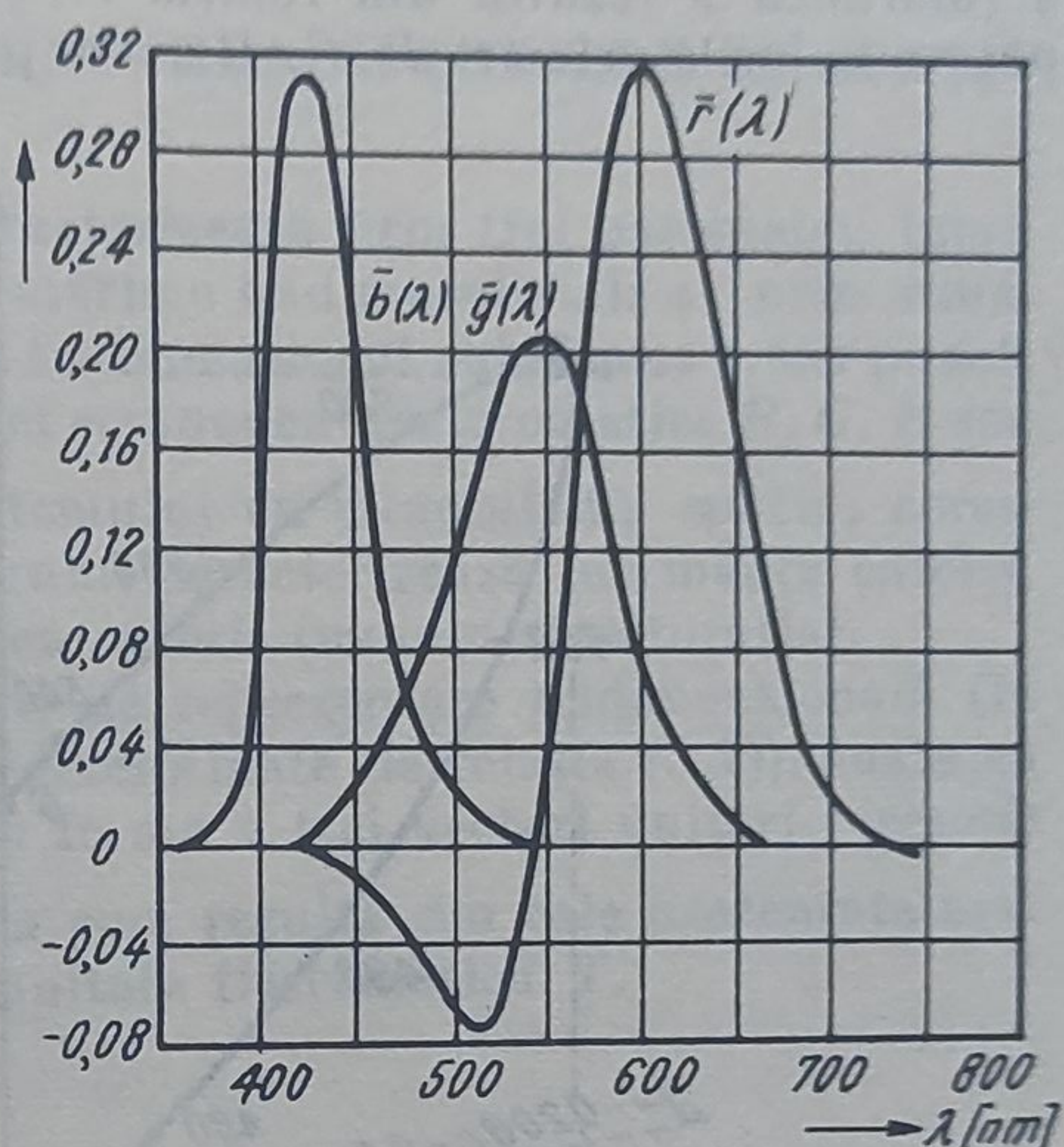
$$g = -0,208 r - 0,013 \quad (3.16)$$

3. Din cele prezentate în capitolul 1 și în prezentul capitol rezultă că o culoare poate fi dată fie sub forma caracteristicilor spectrale a radiației $\varphi(\lambda)$, fie sub formă de ecuație analitică determinată de coeficienții R , G , B , (dacă ne referim la sistemul tricromatic ales). Pentru determinarea componentelor tricromatice ale culorii din caracteristică spectrală $\varphi(\lambda)$ (determinarea inversă nu este univocă), ne vom aminti că radiația cu caracteristica spectrală $\varphi(\lambda)$ poate fi privită ca un amestec de radiații monocromatice. Dar, conform legilor Grassmann, fiecare componentă tricromatică a culorii radiației $\varphi(\lambda)$ este egală cu suma componentelor tricromatice corespunzătoare ale tuturor culorilor monocromatice al căror amestec formează culoarea dată. Așadar, este necesar să cunoaștem mai întîi componentele tricromatice ale culorilor monocromatice de egală energie (de exemplu de putere egală cu 1 w). Asemenea

componente se numesc coordonate specifice și se notează cu literă mică, barate, urmate de litera λ în paranteză. De exemplu, în sistemul de referință R, G, B alese ele au simbolurile $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$. Dacă notăm cu $\bar{C}(\lambda)$ mărimea unei culori de 1 w, ecuația (13.5) se va scrie:

$$\bar{C}(\lambda) = \bar{r}(\lambda)[R] + \bar{g}(\lambda)[G] + \bar{b}(\lambda)[B]. \quad (3.17)$$

Fig. 3.4. Curbele de variație a coordonatelor specifice $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$.



În fig. 3.4 sînt prezentate curbele de variație ale acestor trei coordonate, calculația avînd la bază coordonatele tricromatice r, g, b și curba $v(\lambda)$: Relațiile de calcul sînt:

$$\begin{aligned} \bar{r}(\lambda) &= r(\lambda) \cdot m(\lambda); \\ \bar{g}(\lambda) &= g(\lambda) \cdot m(\lambda); \\ \bar{b}(\lambda) &= b(\lambda) \cdot m(\lambda), \end{aligned} \quad (3.18)$$

în care:

$$m(\lambda) = \frac{v(\lambda)}{r(\lambda) + 4,59 g(\lambda) + 0,06 b(\lambda)} \quad (3.19)$$

Exemplu: pentru $\lambda = 510$ nm, din curbele din fig. 3.3 găsim: $r = -1,337$, $g = 1,932$, $b = 0,405$, iar din curba din fig. 2.5 găsim $v = 0,503$. Din relația (3.19) aflăm $m = 0,0665$, iar din relația (3.18) calculăm $\bar{r} = -0,089$, $\bar{g} = 0,129$, $\bar{b} = 0,027$.

Așadar, componentele tricromatice ale radiației cu caracteristica spectrală $\varphi(\lambda)$ se vor determina din relațiile:

$$\begin{aligned} R'_{\varphi} &= \sum_{\lambda_i} \varphi(\lambda_i) \bar{r}(\lambda_i) \Delta\lambda_i = \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{r}(\lambda) d\lambda \\ G'_{\varphi} &= \sum_{\lambda_i} \varphi(\lambda_i) \bar{g}(\lambda_i) \Delta\lambda_i = \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{g}(\lambda) d\lambda \\ B'_{\varphi} &= \sum_{\lambda_i} \varphi(\lambda_i) \bar{b}(\lambda_i) \Delta\lambda_i = \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{b}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (3.20)$$

3.4. REPREZENTAREA CULORILOR ÎN PLAN

Pentru a construi o diagramă de reprezentare a culorilor este necesar să alegem un sistem de coordonate. Cel mai simplu sistem de coordonate este sistemul rectangular care are pe abscisă mărimile r , iar pe ordonată mărimile g (mărimea b rezultă din relația $r+g+b=1$). Din relația 3.10 rezultă că pentru culorile primare R, G, B avem punctele de coordonate $r=1, g=0, b=0$

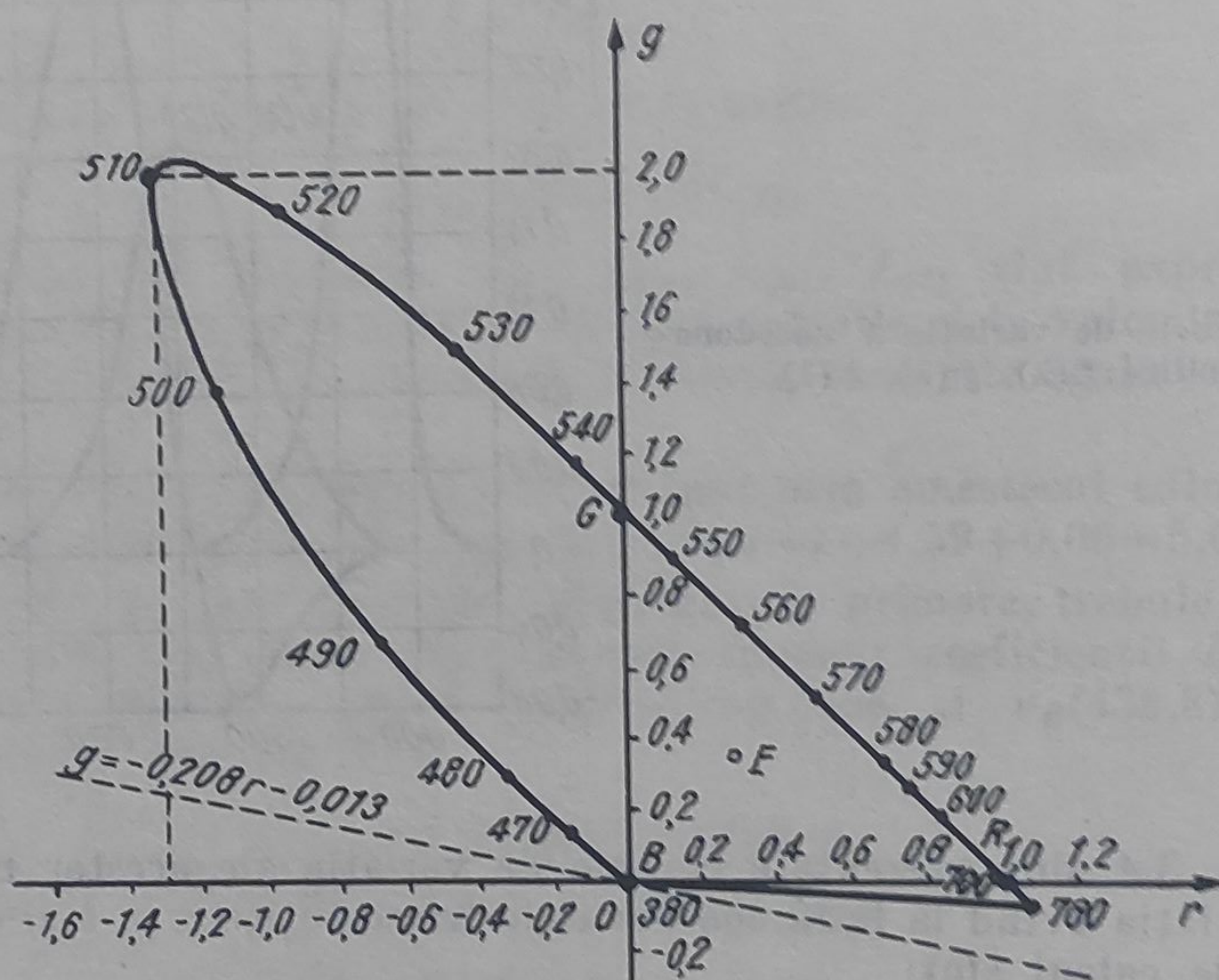


Fig. 3.5. Reprezentarea culorilor în plan în sistemul *rog* pentru culorile primare R, G, B cu lungimile de undă $\lambda_R=700$ nm, $\lambda_G=546,1$ nm, $\lambda_B=435,8$ nm

pentru R , $g=1$, $r=0$, $b=0$ pentru G și $b=1$, $r=0$, $g=0$ pentru B (culoarea B este dispusă chiar în originea sistemului de coordonate (fig. 3.5).

Unind punctele R, G, B se obține triunghiul dreptunghic R, G, B , în interiorul căruia sînt dispuse toate culorile reale care se obțin prin amestecul celor trei culori primare R, G, B . Culoarea albă de referință de egală energie E de coordonate $r_E = g_E = b_E = \frac{1}{3}$ se află în centrul de greutate al triunghiului.

Folosind curbele din fig. 3.3 reprezentăm pe graficul de culoare din fig. 3.5 punctele corespunzătoare culorilor monocromatice, însemnând punctul respectiv cu lungimea de undă a radiației monocromatice. De pildă, pentru radiația monocromatică $\lambda=510$ nm, avem punctul de coordonate $r=-1,337$ și $g=1,932$.

Unind punctele reprezentate se obține curba liniilor spectrale. Punctele extreme ale acestei curbe se unesc cu o linie dreaptă, de-a lungul căreia sînt dispuse culorile purpurii saturate care se obțin prin amestecul culorilor de roșu și violet.

Culorile din interiorul perimetrului închis de curba liniilor spectrale și de dreapta culorilor purpurii sînt mai puțin saturate.

Diagrama din fig. 3.5 se mai numește și diagrama de cromaticitate în sistemul R, G, B .

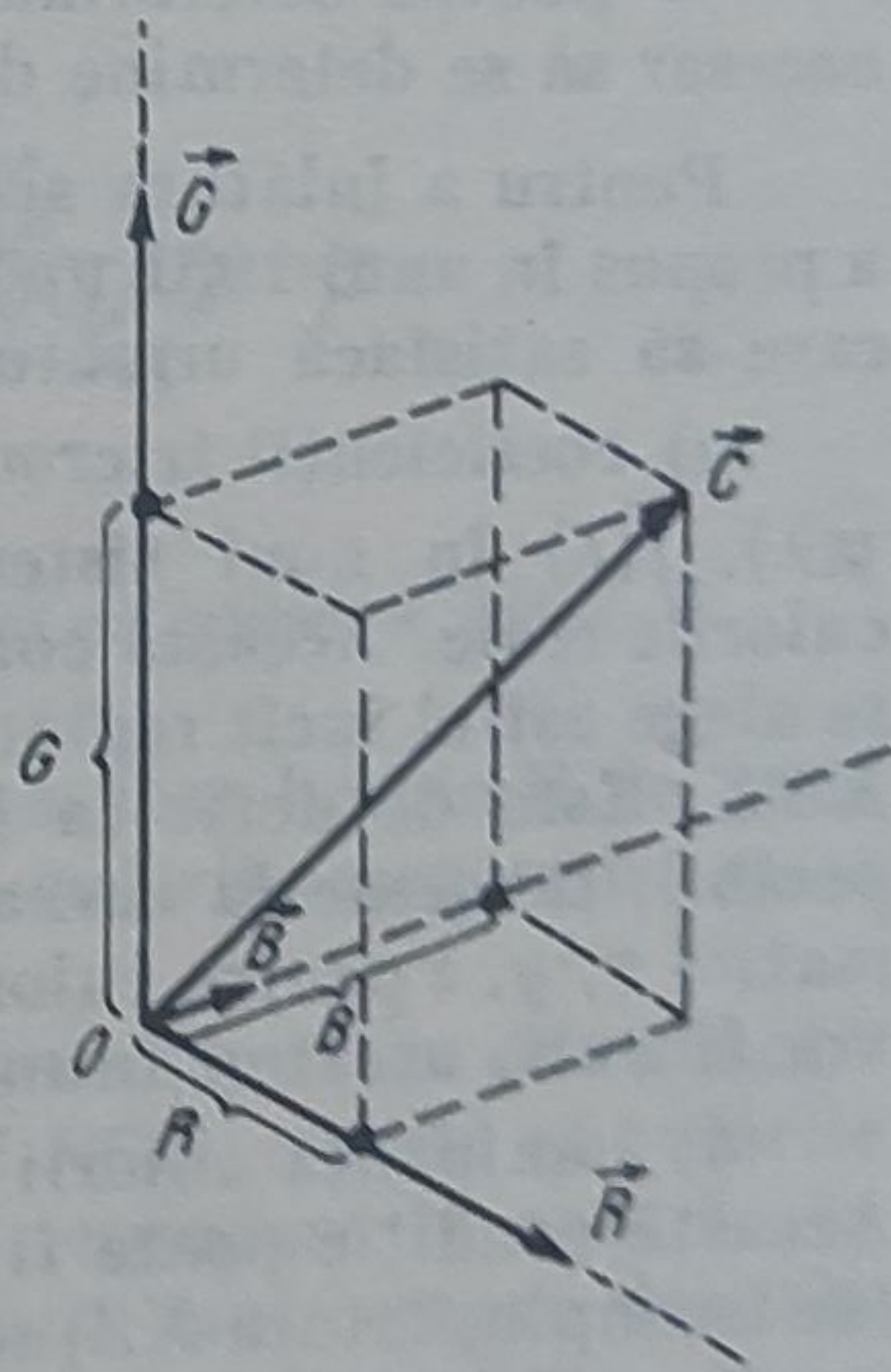
În fig. 3.5 este reprezentată și dreapta de luminanță nulă, conform ecuației (3.16).

3.5. REPREZENTAREA CULORILOR ÎN SPAȚIU

Culoarea este o mărime care se caracterizează prin trei parametri: luminanță, nuanță și saturație. Deci, este o mărime tridimensională și, prin urmare, poate fi reprezentată într-un spațiu tridimensional sub forma unui punct. Poziția acestui punct este dată de cele trei componente tricromatice R, G, B sau de vectorul \vec{C} care unește originea sistemului cu punctul din spațiu, corespunzător culorii date. Lungimea vectorului caracterizează luminanța culorii, iar direcția lui determină cromaticitatea culorii (nuanța și saturația).

Culorile de referință ale sistemului de reprezentare tridimensională (în cazul nostru culorile primare R, G, B determinate de relația (3.1)), luate ca mărimi unitare, pot fi reprezentate sub forma a trei vectori unitari (versori) $\vec{R}, \vec{G}, \vec{B}$. Lungimile acestor versori, așa cum rezultă din cele prezentate mai sus, sînt diferite, dar sînt egali cu o unitate tricromatică T .

Fig. 3.6. Reprezentarea culorilor în spațiu.



Așadar, vectorul de culoare \vec{C} , rezultat în spațiul de culoare R, G, B (fig. 3.6) are expresia:

$$\vec{C} = R\vec{R} + G\vec{G} + B\vec{B}, \quad (3.21)$$

în care R, G, B sînt coordonatele vectorului \vec{C} pe cele trei axe de coordonate, egale cu componentele tricromatice ale culorii C .

De ce folosim sistemul colorimetric XYZ

4.1. ALEGEREA NOULUI SISTEM COLORIMETRIC XYZ

Sistemul RGB de reprezentare a culorilor prezintă următoarele inconveniente:

- existența unor valori negative în curbele coeficienților tricromatici r , g , b și în cele ale coeficienților specifici $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$ îngreunează calculele pentru radiații complexe;
- pentru determinarea luminanței (parametru cantitativ al culorii) este necesar să se determine de fiecare dată toți coeficienții tricromatici r , g , b ;

Pentru a înlătura aceste neajunsuri, Comisia Internațională de Iluminare a propus în anul 1931 un nou sistem de reprezentare a culorilor, denumit XYZ, care să satisfacă următoarele condiții:

a) coeficienții tricromatici x , y , z și implicit, coeficienții specifici $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ în noul sistem XYZ să nu mai prezinte valori negative pentru culorile reale. Această condiție poate fi realizată dacă noul sistem colorimetric se alege astfel încât regiunea culorilor reale să se afle în interiorul triunghiului XYZ. Este de dorit ca laturile triunghiului de culoare XYZ să fie, pe cât posibil, tangente la curba culorilor spectrale. În acest caz, coeficienții tricromatici x , y , z pentru culorile spectrale, corespunzătoare punctelor de tangență, vor fi nuli, ușurând în mod considerabil, calculele colorimetrice;

b) luminanța culorii să se determine numai printr-un singur parametru. Această condiție poate fi satisfăcută dacă una din laturile triunghiului XYZ (de exemplu, latura XZ) se alege astfel încât să se confunde cu dreapta de luminanță nulă (vezi fig. 3.5). În acest caz, coordonata tricromatică y va determina luminanța culorii, iar celelalte două coordonate x și z nu vor mai conține informația de luminanță. De asemenea, curba $\bar{y}(\lambda)$ va exprima luminanța relativă a culorilor spectrale de egală putere, care, de fapt, se va confunda cu curba de vizibilitate $v(\lambda)$;

c) Coeficienții tricromatici ai albului de referință de egală energie trebuie să fie egali, adică $x_E = y_E = z_E$ (albul de referință trebuie să se afle în centrul de greutate al triunghiului XYZ).

Din considerentele enumerate, s-a ales sistemul XYZ astfel încât culorile primare X, Y, Z au următoarele coordonate în sistemul RGB (fig. 4.1):

$$X(r_x=1,275; g_x=-0,2788; b_x=0,0028)$$

$$Y(r_y=-1,7394; g_y=2,7674; b_y=-0,0280) \quad (4.1)$$

$$Z(r_z=-0,7429; g_z=0,1409; b_z=1,6020).$$

În acet caz, latura XY este tangentă la partea aproape rectilinie a curbei culorilor spectrale (porțiunea dintre 780 nm și 540 nm), latura YZ este tan-

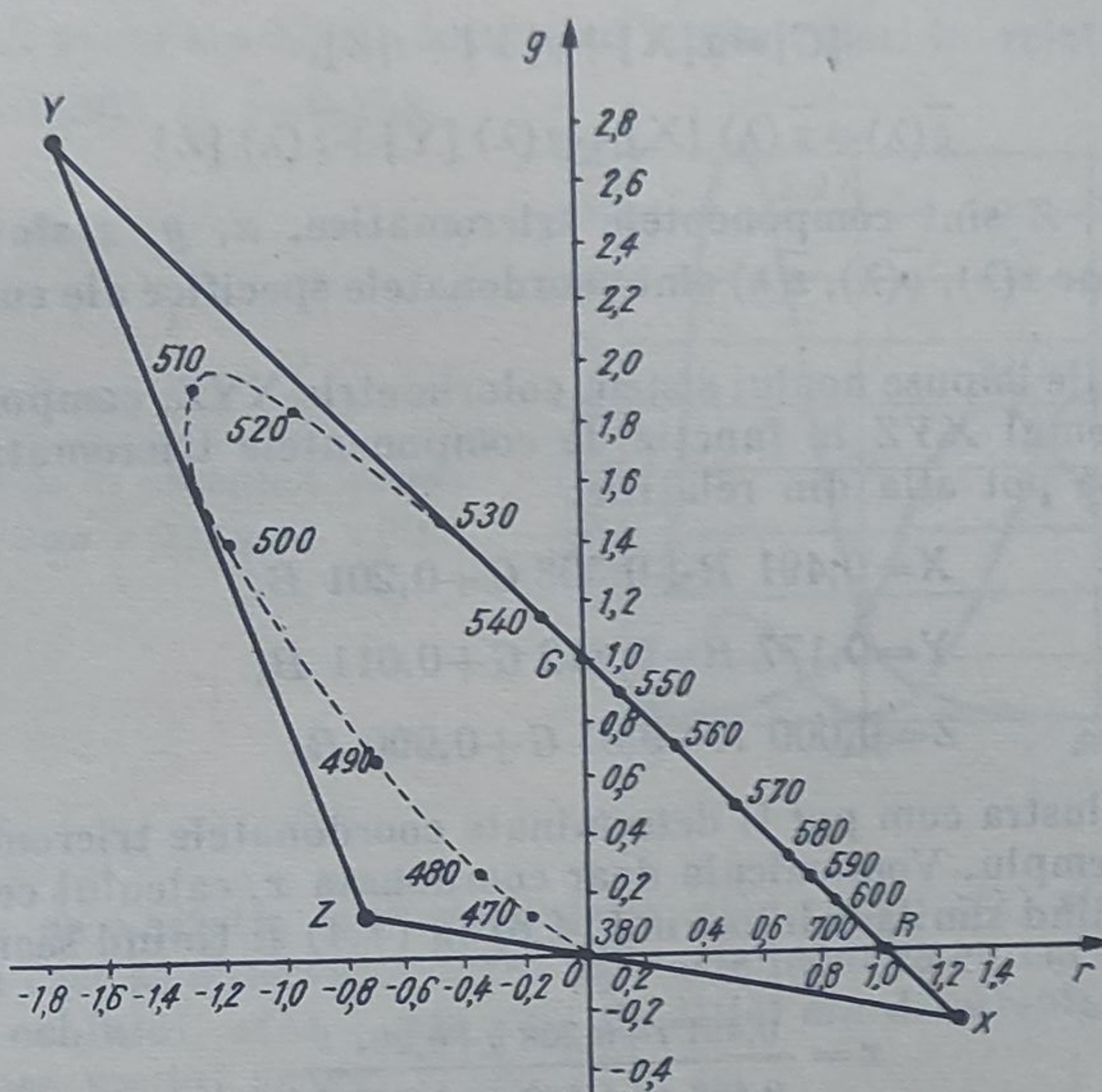


Fig. 4.1. Alegerea culorilor primare XYZ în sistemul colorimetric XYZ.

gentă la curba culorilor spectrale în punctul corespunzător lungimii de undă $\lambda=505$ nm, iar latura ZX satisface condiția ca toate culorile așezate pe ea să aibă luminanța nulă.

Întrucât vîrfurile triunghiului XYZ se află în afara diagramei de cromaticitate (care este diagrama culorilor reale) din sistemul RGB, rezultă că culorile primare X, Y, Z nu sînt culori reale; ele nu pot fi reproduse în natură, în schimb calculele colorimetrice în noul sistem sînt mult mai comode decît în sistemul RGB.

4.2. TRECEREA DE LA SISTEMUL RGB LA SISTEMUL XYZ

Pentru reprezentarea unei culori în noul sistem colorimetric XYZ este necesar să găsim coordonatele acestei culori de pe diagrama de cromaticitate din sistemul RGB în noul sistem rectangular de coordonate x, y .

Efectuînd transformarea dintr-un sistem în altul realizăm, de fapt, trecerea de la expresia culorii în sistemul colorimetric RGB la expresia culorii

în noul sistem colorimetric XYZ. Expresiile (3.5), (3.7), (3.9), (3.10) și (3.17) se scriu în noul sistem XYZ:

$$C = X[X] + Y[Y] + Z[Z] \quad (4.2)$$

$$m = X + Y + Z \quad (4.3)$$

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}; \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}; \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}; \quad (4.4)$$

$$[C] = x[X] + y[Y] + z[Z], \quad (4.5)$$

$$\bar{c}(\lambda) = \bar{x}(\lambda) [X] + \bar{y}(\lambda) [Y] + \bar{z}(\lambda) [Z] \quad (4.6)$$

în care X, Y, Z sînt componentele tricromatice, x, y, z sînt coordonatele tricromatice, iar $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ sînt coordonatele specifice ale culorii C în noul sistem XYZ.

În condițiile impuse noului sistem colorimetric XYZ, componentele tricromatice în sistemul XYZ în funcție de componentele tricromatice în vechiul sistem RGB se pot afla din relațiile:

$$\begin{aligned} X &= 0,491 R + 0,308 G + 0,201 B; \\ Y &= 0,177 R + 0,812 G + 0,011 B; \\ Z &= 0,000 R + 0,01 G + 0,990 B. \end{aligned} \quad (4.7)$$

Pentru a ilustra cum pot fi determinate coordonatele tricromatice x, y, z , vom lua un exemplu. Vom calcula doar coordonata x , calculul celorlalte coordonate y și z fiind similar. Înlocuind (4.6) în (4.4) și ținînd seamă de relația (3.9) aflăm:

$$x = \frac{0,491 r + 0,308 g + 0,201 b}{0,668 r + 1,120 g + 1,202 b}. \quad (4.8)$$

Să considerăm culoarea spectrală cu $\lambda = 510$ nm pentru care $r = -1,337$; $g = 1,932$ și $b = 0,405$. Folosind relația (4.8) găsim $x = 0,014$. În mod similar aflăm $y = 0,750$ și $z = 0,236$.

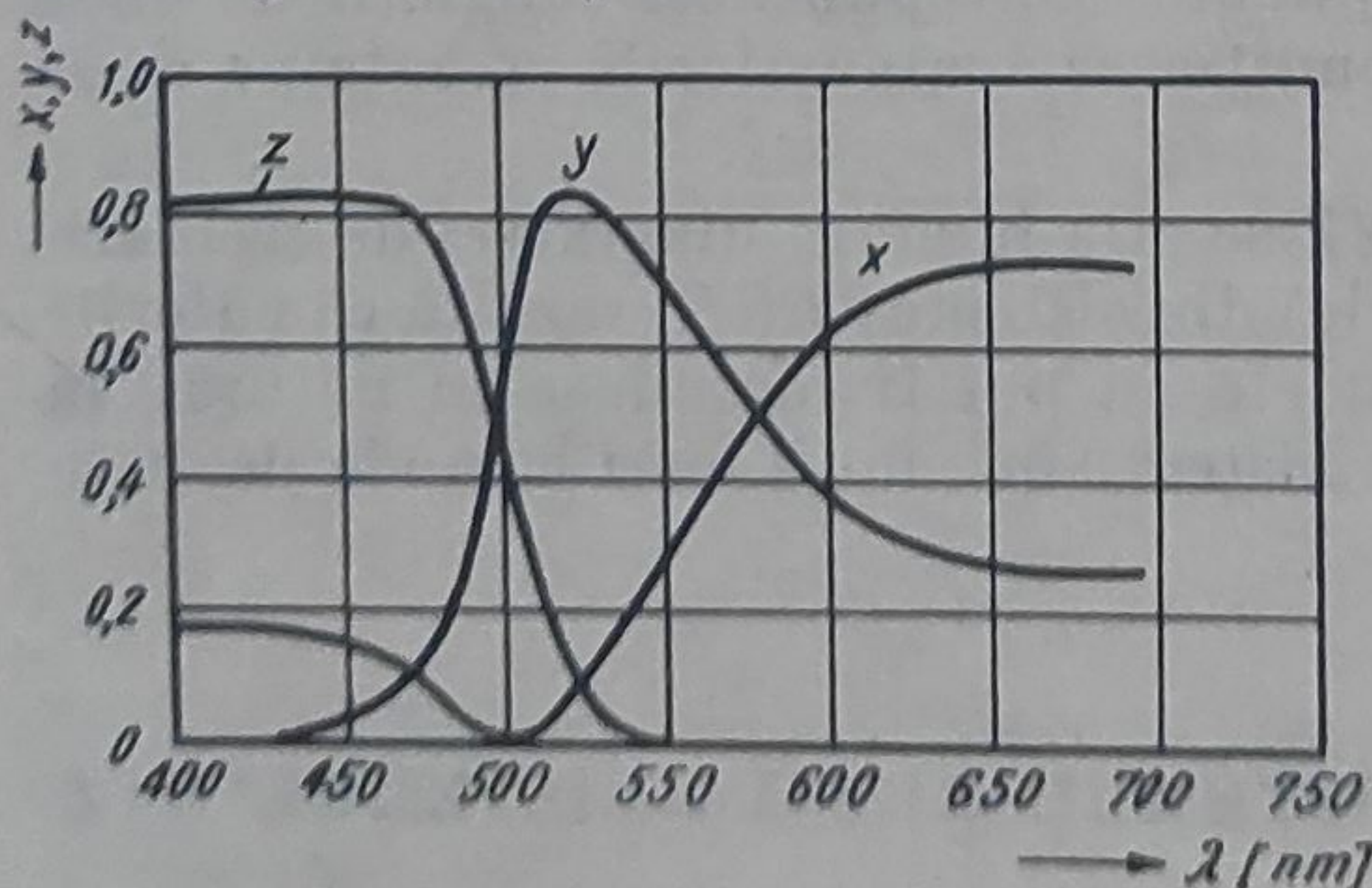


Fig. 4.2. Curbele de variație a coordonatelor tricromatice $x(\lambda), y(\lambda), z(\lambda)$.

În acest fel, putem calcula coordonatele tricromatice pentru toate culorile monocromatice. Aceste coordonate se dau fie sub formă de tabel, fie sub formă de curbe (fig. 4.2).

Pentru determinarea coordonatelor specifice $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda)$ și $\bar{z}(\lambda)$ putem folosi relații similare cu (3.18), (3.19) plecînd de la coeficienții x, y, z :

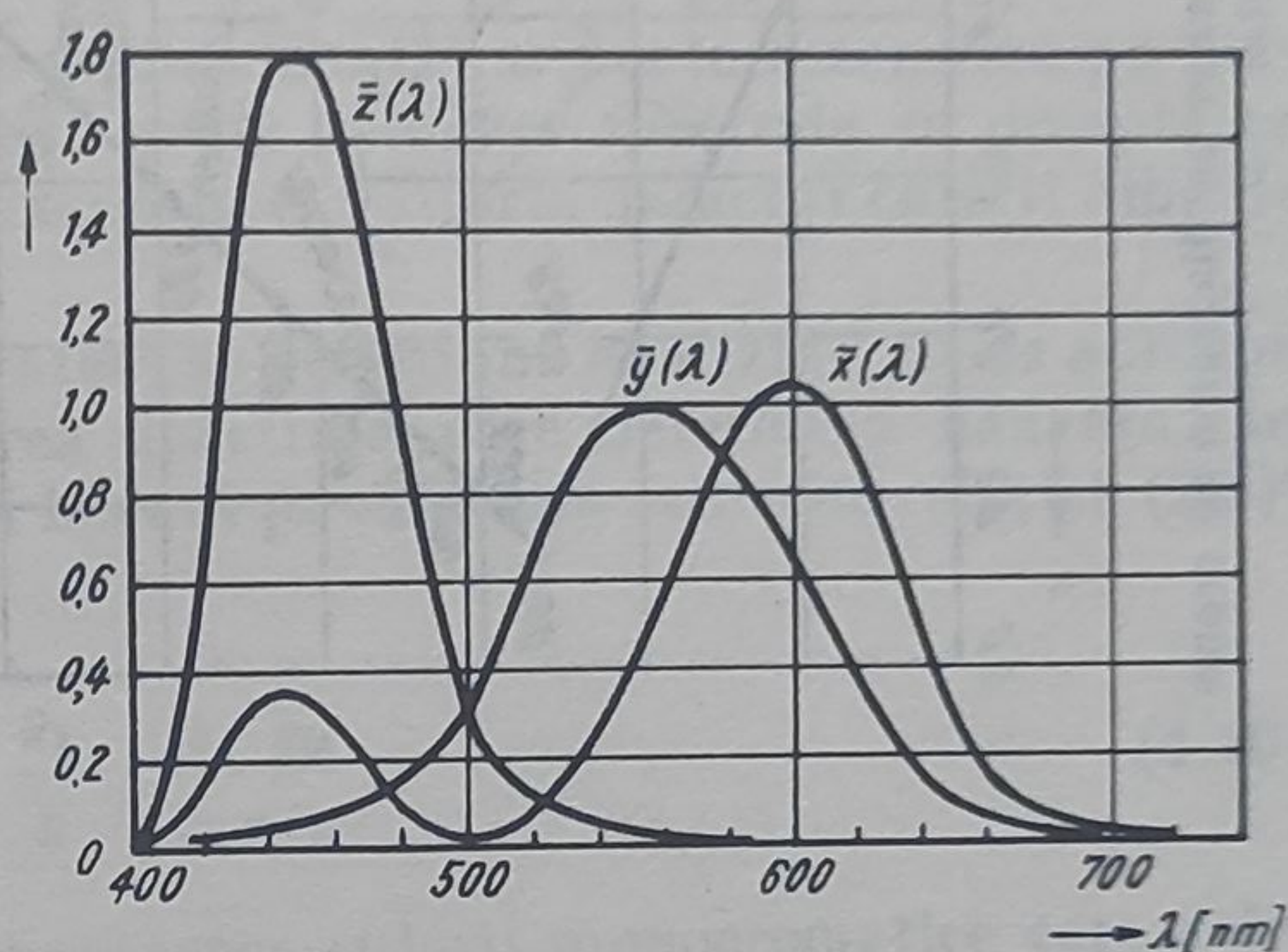
$$\bar{x}(\lambda) = \frac{x}{y} v(\lambda);$$

$$\bar{y}(\lambda) = v(\lambda); \quad (4.9)$$

$$\bar{z}(\lambda) = \frac{z}{y} v(\lambda).$$

De exemplu, pentru $\lambda = 510 \text{ nm}$ s-a calculat $x = 0,014$; $y = 0,750$; $z = 0,236$, iar în fig. 2.5 avem $v = 0,503$. Înlocuind aceste valori în relațiile (8.9) găsim $\bar{x} = 0,009$; $\bar{y} = 0,503$ și $\bar{z} = 0,158$.

Fig. 4.3. Curbele de variație a coordonatelor specifice $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$.



Curbele de variație a coordonatelor $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ sînt prezentate în fig. 4.3, din care se observă că curba $\bar{y}(\lambda)$ este identică cu curba caracteristicii spectrale a ochiului, $v(\lambda)$ — așa cum de altfel era de așteptat, dat fiind condițiile impuse noului sistem XYZ.

4.3. REPREZENTAREA CULORILOR ÎN NOUL SISTEM XYZ

În urma transformării examinate în paragraful precedent, triunghiul neregulat XYZ din sistemul RGB se transformă într-un triunghi dreptunghic XYZ (fig. 4.4) în care punctele X, Y, Z au coordonatele, respectiv: X(1, 0, 0), Y(0, 1, 0), Z(0, 0, 1).

Cunoscînd coordonatele tricromatice x , y , z putem trasa pe graficul xy din fig. 4.4, punctele corespunzătoare culorilor monocromatice cu lungimile de undă $780 \div 380 \text{ nm}$. Unind aceste puncte se obține curba culorilor (cromaticităților) monocromatice. Unind acum extremitățile acestei curbe, obținem linia culorilor purpurii de saturație maximă.

Diagrama din fig. 4.4 se mai numește și diagrama de cromaticitate în sistemul XYZ, cea mai cunoscută din lucrările de colorimetrie. Pe această diagramă sînt construite 10 sectoare care aproximativ delimitează principalele familii de culori, inclusiv regiunea culorilor albe (fig. 4.5 și 4.5 bis planșe color).

Întrucît $\bar{y}(\lambda) = v(\lambda)$, ordonata y a oricărei culori din interiorul diagramei de cromaticitate indică luminanța relativă a culorii date.

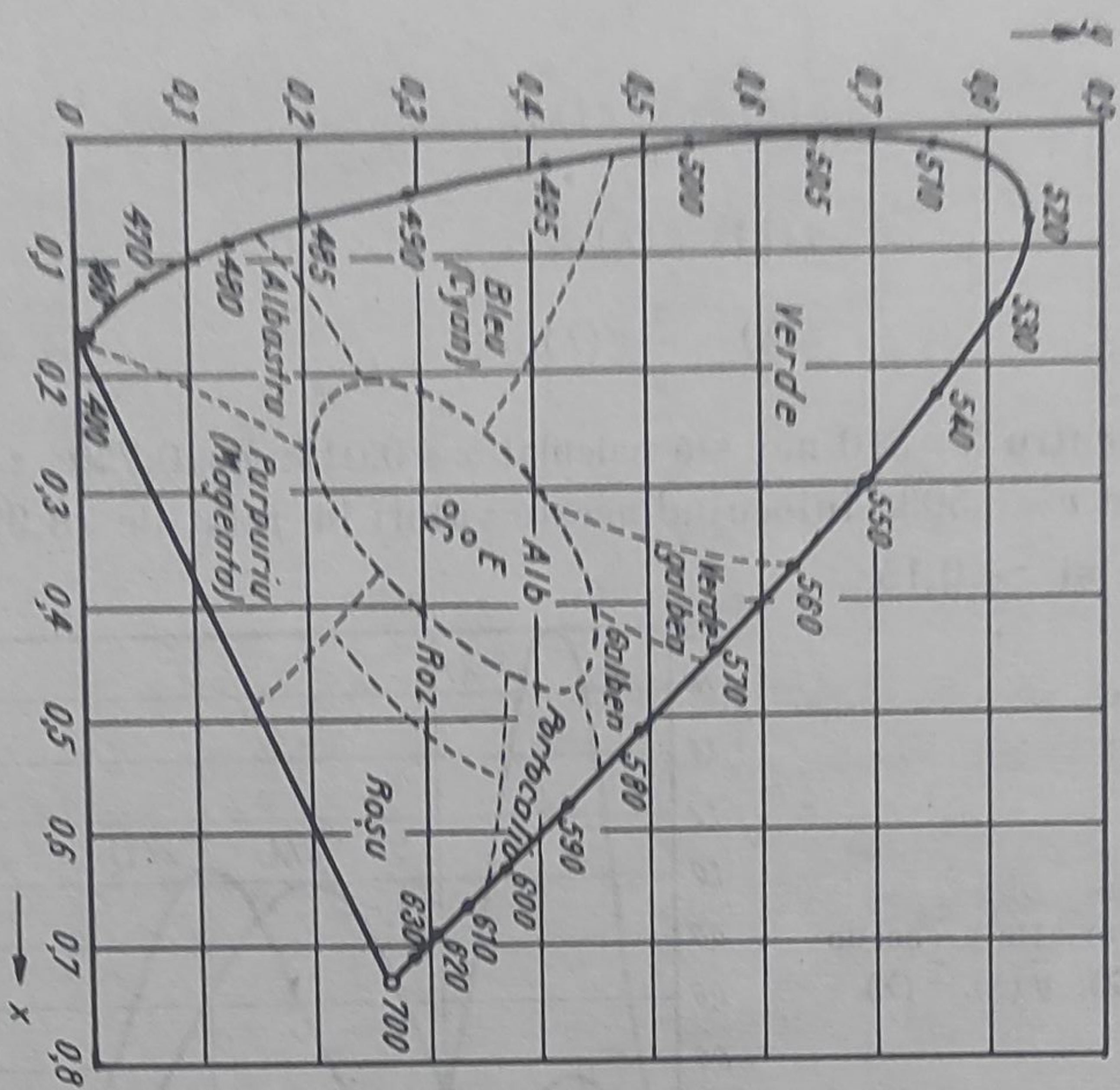


Fig. 4.3. Reprezentarea culorilor pe diagrama de cromaticitate.

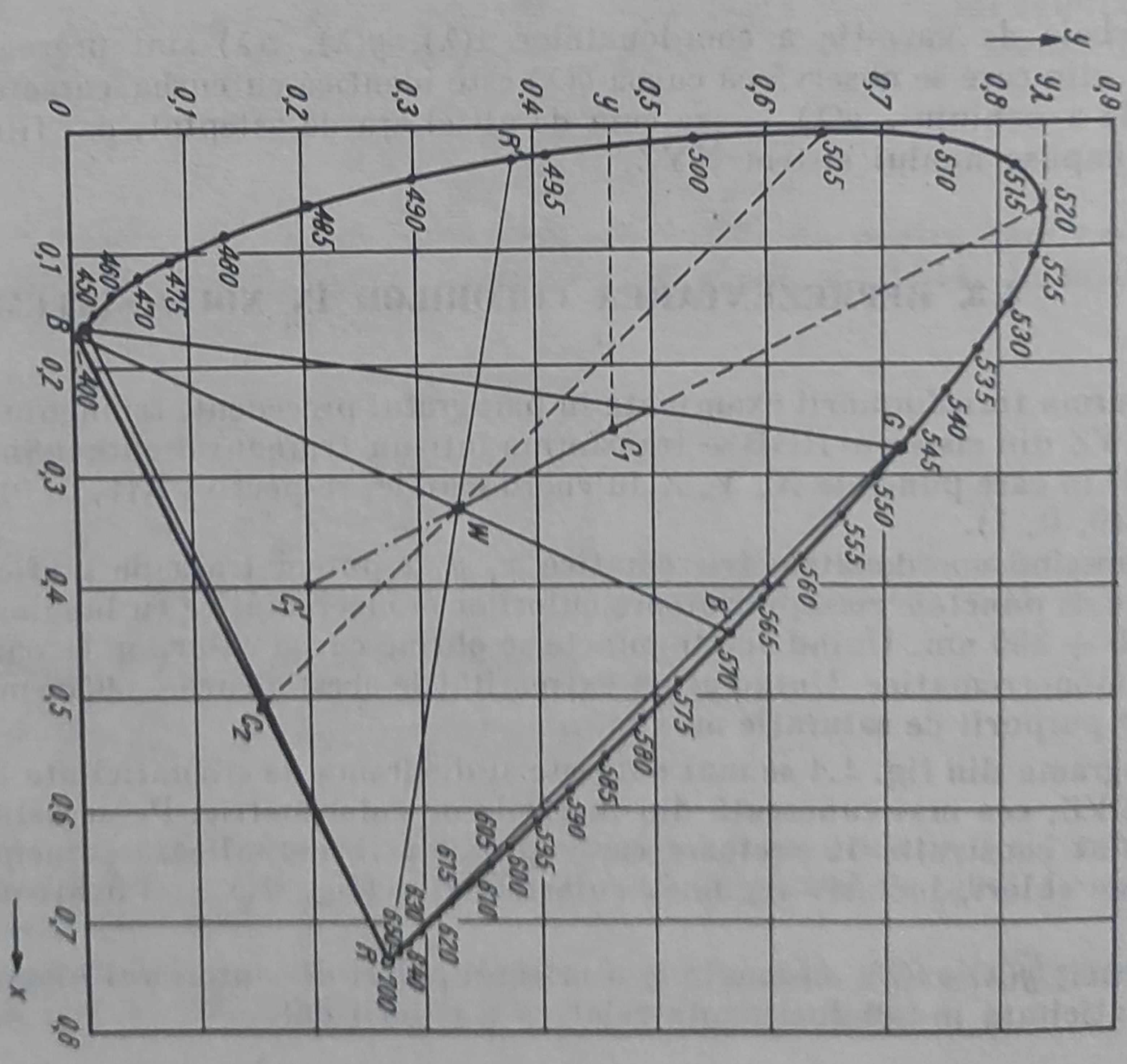


Fig. 4.4. Diagrama de cromaticitate în sistemul XYZ.

Culoarea albă de egală energie E ocupă, conform uneia din condițiile de alegere a sistemului XYZ, centrul de greutate al triunghiului XYZ, adică coordonatele acestei culori sînt $x_E = y_E = z_E = 1/3$.

În noul sistem de coordonate XYZ sînt notate și punctele R, G, B , corespunzătoare culorilor primare R, G, B cu lungimile de undă, respectiv: 700 nm, 546,1 nm și 435,8 nm. Coordonatele acestor puncte în sistemul XYZ sînt: $R(0,735; 0,265; 0)$, $G(0,274; 0,717; 0,009)$, și $B(0,167; 0,009; 0,884)$. Unind punctele R, G, B obținem triunghiul RGB . Se observă că prin transformarea sistemului RGB în sistemul XYZ, triunghiul dreptunghic RGB s-a transformat într-un triunghi apropiat de un triunghi echilateral.

Nuanța unei culori (sau lungimea dominantă) se poate determina pe diagrama din fig. 4.4 prin intersectarea curbei culorilor spectrale cu dreapta ce trece prin punctul culorii date (de exemplu C_1) și prin punctul culorii albe de referință W .

Saturația unei culori (sau puritatea) se determină analizînd cît de aproape este culoarea dată față de culoarea spectrală care determină nuanța. În general, relația de calcul a purității bazată pe definiția conform relației (2.5) este:

$$p = \frac{y_\lambda}{y} \cdot \frac{y - y_w}{y_\lambda - y_w}, \quad (4.10)$$

în care: y_λ este ordonata corespunzătoare culorii monocromatice care definește nuanța culorii;

y_w este ordonata culorii albe de referință;

y este ordonata culorii considerate.

În cazul culorii C_1 , luată ca exemplu, avem $\lambda = 520$ nm, $y_\lambda = 0,84$; $y = 0,47$, ceea ce rezultă $p = 0,48$. Așadar, culoarea figurată prin punctul C_1 este identică din punct de vedere cromatic cu o radiație monocromatică verde cu lungimea de undă de 530 nm și diluată cu lumină albă (deci este un verde pastel).

Notăm aici că există un mare număr de amestecuri aditive capabile să refacă această culoare, dar identitatea sa cromatică rămîne riguroasă. Pentru aceasta este suficient să ducem prin punctul C_1 orice dreaptă, care, prin intersecția ei cu curba culorilor spectrale, determină o nouă combinație de două culori care amestecate ne dă culoarea C_1 .

Pentru culorile purpurii, nuanța se determină prin intersecția drepte ce trece prin punctul culorii date (de exemplu C_2) și punctul W , cu curba culorilor monocromatice, alegînd culoarea complementară culorii monocromatice găsite. De pildă, pentru exemplul luat, nuanța culorii C_2 este culoarea complementară culorii monocromatice cu $\lambda = 505$ nm.

Așa cum s-a mai arătat, două culori, care, avînd strălucirile dozate corect, pot reconstitui albul de referință, formează o pereche de culori complementare. De pildă, culoarea C_1 are complementara sa C'_1 . Și din diagrama din fig. 4.4 se vede că nu toate culorile monocromatice au culori complementare monocromatice (culorile din sectoarele RWB și $R'WB$ sînt complementare). Culorile monocromatice dintre $\lambda = 569$ nm și $\lambda = 493$ nm au drept culori complementare culorile purpurii.

Cu ajutorul coordonatelor specifice $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ se poate determina culoarea oricărei radiații cu caracteristica spectrală $\varphi(\lambda)$. Analog relațiilor (3.20) pot fi scrise relațiile:

$$\begin{aligned} X_{\varphi} &= \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y_{\varphi} &= \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z_{\varphi} &= \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (4.11)$$

Determinând componentele tricromatice din relația (4.11) putem apoi calcula cu relația (4.4), coordonatele tricromatice ale culorii date, după care putem să-i stabilim locul pe graficul din fig. 4.4. În acest fel, putem stabili nuanța și saturația culorii considerate.

4.4. CÎTEVA EXEMPLE DE CALCULE COLORIMETRICE ÎN SISTEMUL XYZ

1. Să se determine coordonatele culorii $F(x_F, y_F)$ care se obține prin amestecul a două radiații de egală strălucire A și B de coordonate $A(x_A=0,1; y_A=0,2)$, $B(x_B=0,4; y_B=0,5)$.

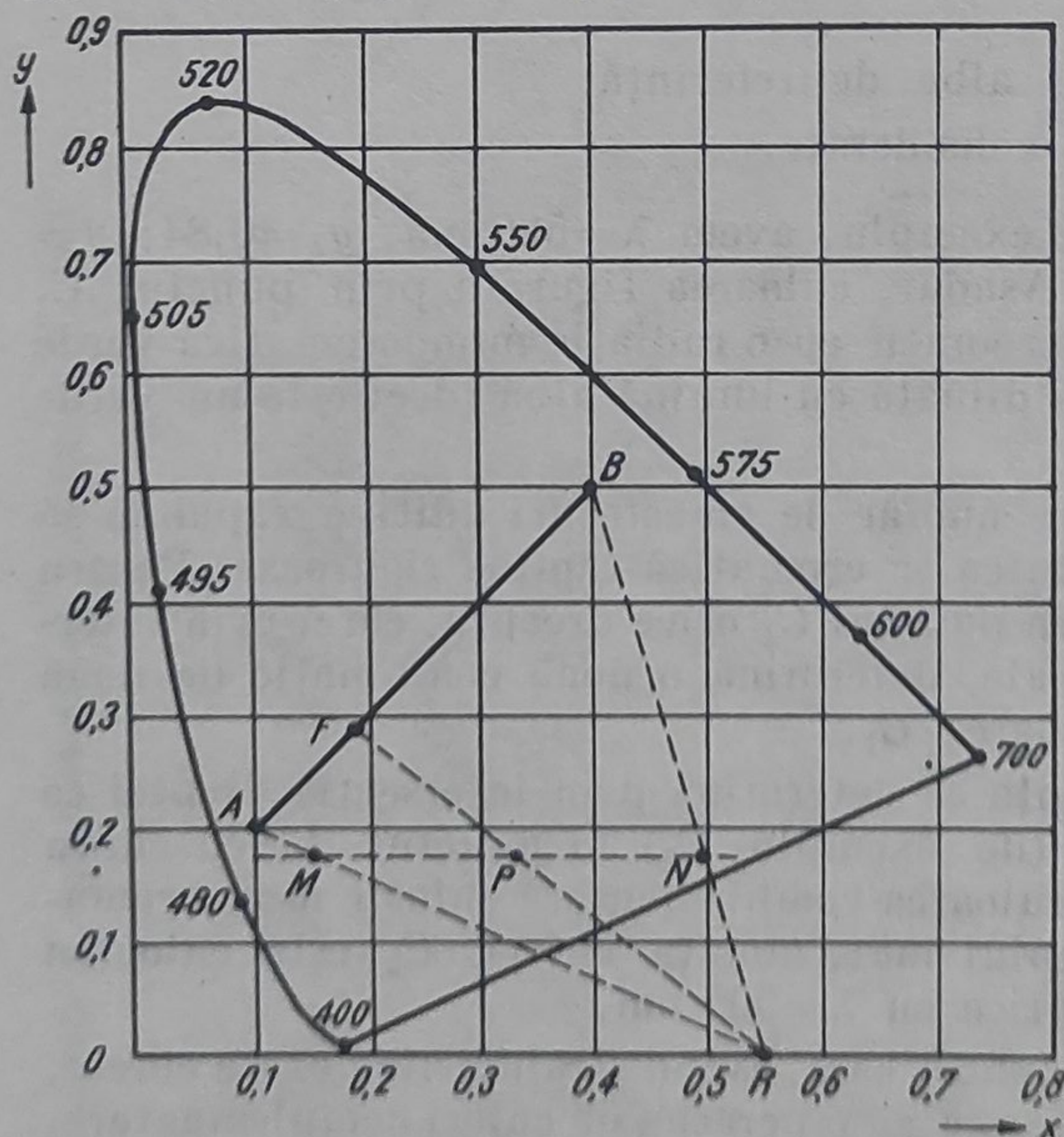


Fig. 4.6. Determinarea cromaticității amestecului a două radiații de egală strălucire.

Vom determina coordonatele culorii F folosind metoda grafică (fig. 4.6). Punctul F se va afla pe dreapta care unește punctele A și B . Întrucât strălucirile culorilor A și B sînt egale, rezultă că vectorul \vec{F} în spațiul de culoare trebuie să fie egal îndepărtat de vectorii \vec{A} și \vec{B} . În schimb, în planul xoy, seg-

mentele de dreaptă AF și FB nu vor mai fi egale. Cu toate acestea, prin proiecția vectorilor din spațiul de culoare în planul xoy , raportul lungimilor vectorilor din spațiu se păstrează doar de-a lungul dreptelor paralele cu axa ox .

Din aceste considerente, alegem pe dreapta ox un punct oarecare R și-l unim cu punctele A și B . Dreptele RA și RB vor intersecta o dreaptă oarecare paralelă cu ox în punctele M și N . Dreapta MN se împarte în raportul strălu-

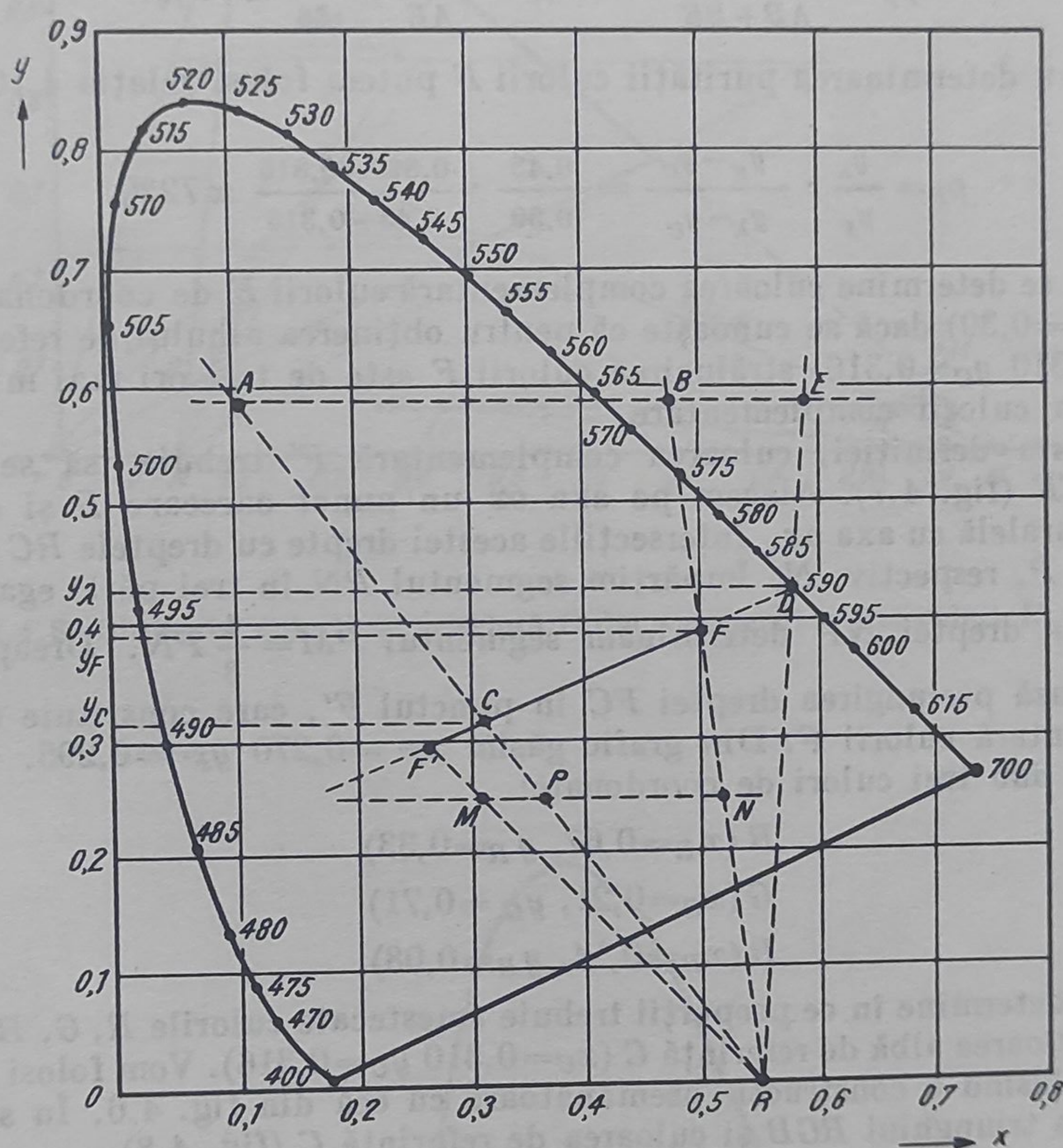


Fig. 4.7. Determinarea lungimii de undă dominantă și purității unei culori.

cirilor celor două radiații A și B , în cazul de față în raportul 1 : 2, obținând punctul P . Intresecția dreptelor RP și AB reprezintă punctul căutat F , pentru care găsim $X_F=0,18$ și $y_F=0,29$.

2. Să se determine lungimea de undă dominantă și puritatea culorii F de coordonate $x_F=0,5$ $y_F=0,39$ relativ la culoarea albă de referință tip $C(x_C=0,310, y_C=0,316)$.

S-a arătat că lungimea de undă dominantă a unei culori reprezintă lungimea de undă a unei radiații care amestecată în anumite proporții cu lumina albă obținem un amestec identic vizual cu culoarea dată. Rezultă deci, că la intersecția dreptei ce unește punctele F și C (fig. 4.7) cu curba culorilor spectrale (punctul D) se află radiația de lungimea de undă căutată. În cazul de față, obținem $\lambda=590$ nm.

Întrucît prin puritate se înțelege conținutul procentual al culorii spectrale în culoarea dată, care se poate considera ca un amestec al culorii spectrale cu albul de referință, pentru determinarea purității va trebui să determinăm cantitățile relative ale culorilor C și D . Acest lucru se poate face grafic, așa cum s-a arătat în exemplul precedent:

$$p_F = \frac{AB}{AB+BE} \cdot 100\% = \frac{AB}{AE} = \frac{48}{66} \approx 73\%.$$

Pentru determinarea purității culorii F putem folosi relația 4.10, în care $y_\lambda = 0,44$:

$$p_F = \frac{y_\lambda}{y_F} \cdot \frac{y_F - y_C}{y_\lambda - y_C} = \frac{0,43}{0,39} \cdot \frac{0,390 - 0,316}{0,43 - 0,316} \approx 72\%.$$

3. Să se determine culoarea complementară culorii F de coordonate ($x_F = 0,5, y_F = 0,39$) dacă se cunoaște că pentru obținerea albului de referință tip C ($x_C = 0,310, y_C = 0,316$) strălucirea culorii F este de trei ori mai mică decît strălucirea culorii complementare.

Conform definiției, culoarea complementară F' trebuie să se afle pe dreapta CF (fig. 4.7). Alegem pe axa ox un punct oarecare R și ducem o dreaptă paralelă cu axa ox . Intersecțiile acestei drepte cu dreptele RC și RF le notăm cu P , respectiv, N . Împărțim segmentul PN în trei părți egale și pe prelungirea dreptei NP determinăm segmentul $PM = \frac{1}{3} PN$. Dreapta RM intersectează prelungirea dreptei FC în punctul F' , care constituie culoarea complementară culorii F . Din grafic găsim $x_{F'} = 0,270, y_{F'} = 0,295$.

4. Se dau trei culori de coordonate:

$$R (x_R = 0,67, y_R = 0,33)$$

$$G (x_G = 0,21, y_G = 0,71)$$

$$B (x_B = 0,14, y_B = 0,08)$$

Să se determine în ce proporții trebuie amestecate culorile R, G, B pentru a obține culoarea albă de referință C ($x_C = 0,310, y_C = 0,316$). Vom folosi metoda grafică, folosind o construcție asemănătoare cu cea din fig. 4.6. În sistemul xoy trasăm triunghiul RGB și culoarea de referință C (fig. 4.8).

Pentru a afla în ce proporție trebuie adăugată culoarea B , vom prelungi latura GR a triunghiului RGB pînă la intersecția cu axa ox (punctul M). Unim punctul M cu punctul B . Un segment de dreaptă, paralel cu axa ox și încadrat între dreptele MR și MB se împarte în 10 unități. Dreapta MC , care unește punctul M cu punctul C , intersectează segmentul de dreaptă în punctul M' , care ne indică proporția strălucirii culorii B care ia parte la amestec, adică 0,11 B . În mod similar, găsim proporția strălucirii culorii R , (punctul N') de 0,30 și proporția strălucirii culorii G (punctul P') de 0,59.

În final culoarea C se obține din amestecul culorilor R, G, B conform ecuației:

$$C = 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B,$$

care, așa cum se va vedea, reprezintă una din ecuațiile de bază folosită în toate sistemele de televiziune în culori.

5. Să se determine coordonatele radiației unui luminozor de osciloscop cu caracteristica spectrală $\phi(\lambda)$ dată în tabelul 4.1 și reprezentată în fig. 4.9.

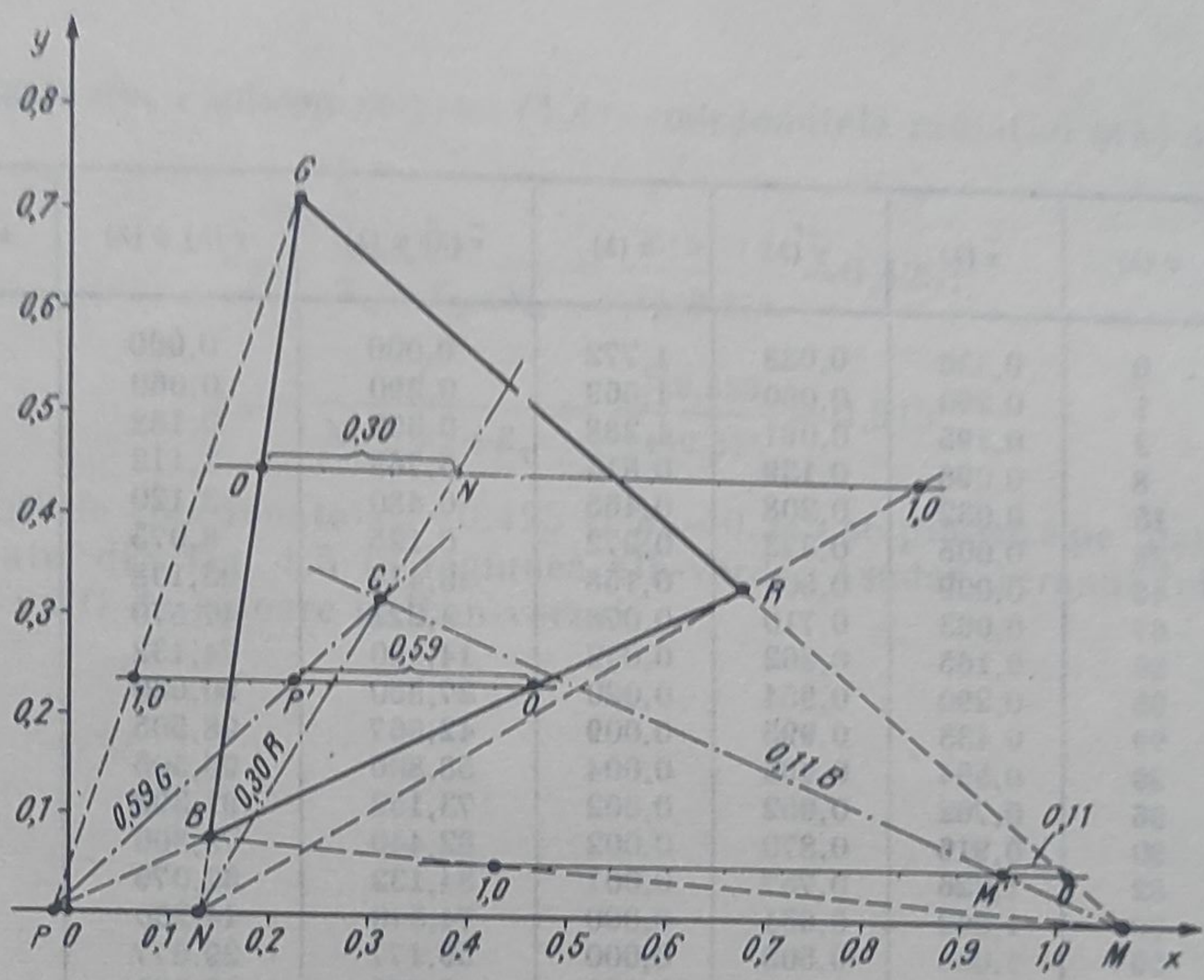


Fig. 4.8. Obținerea culorii de referință C din amestecul a trei culori R, G, B.

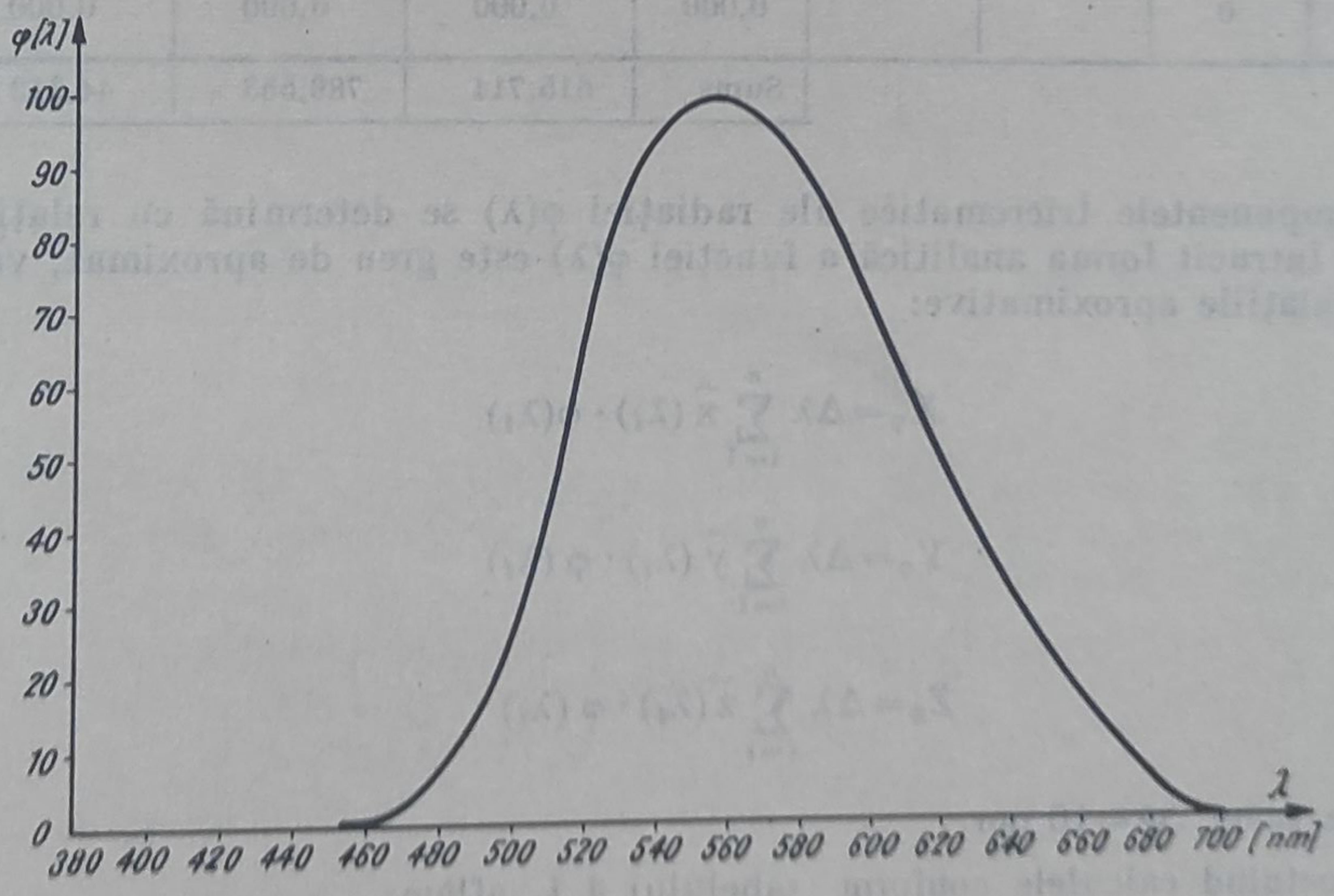


Fig. 4.9. Caracteristica spectrală a unui luminozor de osciloscop.

Tabelul 4.1

λ [nm]	$\varphi(\lambda)$	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$\bar{x}(\lambda) \varphi(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda) \varphi(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda) \varphi(\lambda)$
450	0	0,336	0,038	1,772	0,000	0,000	0,000
460	1	0,290	0,060	1,669	0,290	0,060	1,669
470	2	0,195	0,091	1,288	0,390	0,182	2,576
480	8	0,096	0,139	0,813	0,768	1,112	6,504
490	15	0,032	0,208	0,465	0,480	3,120	6,974
500	25	0,005	0,323	0,272	0,125	8,075	6,800
510	46	0,009	0,503	0,158	0,414	23,138	7,268
520	67	0,063	0,710	0,078	4,221	47,570	5,226
530	86	0,165	0,862	0,042	14,190	74,132	3,612
540	95	0,290	0,954	0,020	27,550	90,630	1,900
550	99	0,433	0,995	0,009	42,867	98,505	0,891
560	99	0,594	0,995	0,004	58,806	98,505	0,396
570	96	0,762	0,952	0,002	73,152	91,392	0,192
580	90	0,916	0,870	0,002	82,440	78,300	0,180
590	82	1,026	0,757	0,001	84,132	62,079	0,082
600	70	1,062	0,631	0,000	74,340	44,230	0,000
610	59	1,003	0,503	0,000	59,177	29,677	0,000
620	50	0,854	0,381	0,000	42,700	19,050	0,000
630	40	0,642	0,265	0,000	25,680	10,600	0,000
640	30	0,448	0,175	0,000	13,440	5,250	0,000
650	23	0,283	0,107	0,000	6,509	2,461	0,000
660	17	0,165	0,061	0,000	2,805	1,037	0,000
670	11	0,087	0,032	0,000	0,957	0,352	0,000
680	5	0,047	0,017	0,000	0,235	0,085	0,000
690	2	0,023	0,008	0,000	0,046	0,016	0,000
700	0			0,000	0,000	0,000	0,000
				Suma	615,714	789,553	44,312

Componentele tricromatice ale radiației $\varphi(\lambda)$ se determină cu relațiile (4.11). Întrucât forma analitică a funcției $\varphi(\lambda)$ este greu de aproximat, vom folosi relațiile aproximative:

$$X_{\varphi} = \Delta\lambda \sum_{i=1}^n \bar{x}(\lambda_i) \cdot \varphi(\lambda_i)$$

$$Y_{\varphi} = \Delta\lambda \sum_{i=1}^n \bar{y}(\lambda_i) \cdot \varphi(\lambda_i)$$

$$Z_{\varphi} = \Delta\lambda \sum_{i=1}^n \bar{z}(\lambda_i) \cdot \varphi(\lambda_i)$$

În care luăm $\Delta\lambda = 10$ nm.

Efectuînd calculele conform tabelului 4.1, aflăm:

$$X_{\varphi} = 10 \cdot 615,714$$

$$Y_{\varphi} = 10 \cdot 789,553$$

$$Z_{\varphi} = 10 \cdot 44,312$$

Prin urmare, conform relației (4.4), coordonatele radiației $\varphi(\lambda)$ sînt egale cu:

$$x_{\varphi} = \frac{X_{\varphi}}{X_{\varphi} + Y_{\varphi} + Z_{\varphi}} = \frac{615,714}{1449,575} = 0,425;$$

$$y_{\varphi} = \frac{Y_{\varphi}}{X_{\varphi} + Y_{\varphi} + Z_{\varphi}} = \frac{789,553}{1449,575} = 0,545.$$

Punctul de coordonate $x_{\varphi}=0,425$ și $y_{\varphi}=0,545$ se plasează pe diagrama de cromaticitate din fig. 4.5 în regiunea alb-verde. Așadar, ecranul tubului de osciloscop va fi de culoare galben-verzui.

Cum se obțin semnalele de culoare

Transmiterea electrică a imaginilor în culori se realizează prin intermediul unui ansamblu de mijloace tehnice complexe care formează sistemul de televiziune în culori. Orice sistem de televiziune în culori include următoarele procese:

1. Procesul de analiză, adică procesul de transformare a imaginii optice în semnale electrice.
2. Transmiterea semnalelor electrice de la emisie la recepție.
3. Procesul de sinteză, adică procesul de transformare a semnalelor electrice în imaginea obiectului transmis.

În acest capitol ne vom ocupa de procesele de analiză a imaginilor, urmînd ca în capitolele următoare să analizăm și celelalte două procese. Cu toate acestea, vom face unele referiri și asupra unor chestiuni de sinteză a imaginilor, bineînțeles, numai în măsura în care ne sînt strict necesare înțelegerii procesului de analiză a imaginilor.

5.1. SCHEMA SIMPLIFICATĂ A CAMEREI DE TELEVIZIUNE ÎN CULORI

Transformarea imaginii optice în semnale electrice are loc în camera de televiziune. Schema simplificată a camerei de televiziune este arătată în fig. 5.1. În procesul de transformare a imaginii optice în semnale electrice se disting două etape esențiale:

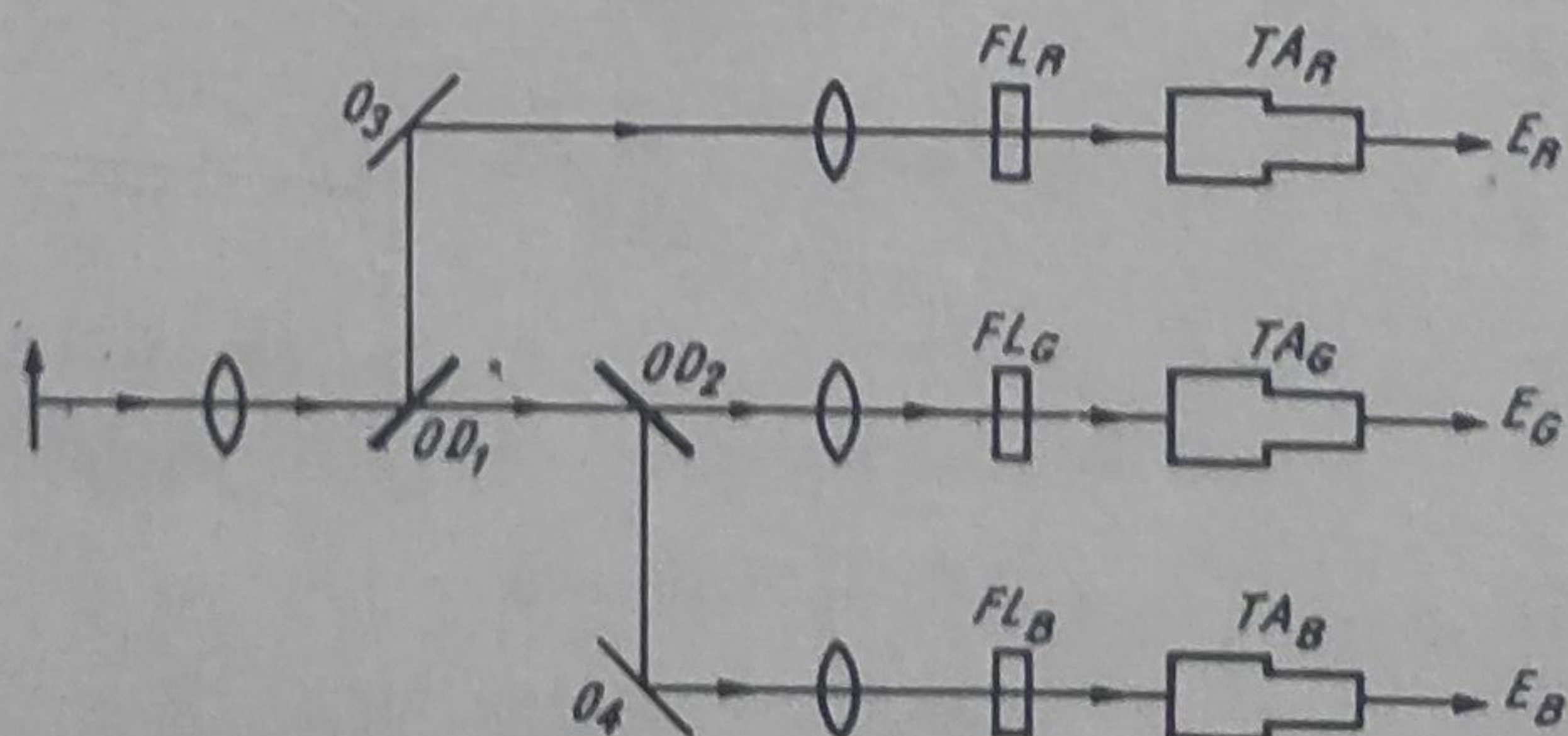
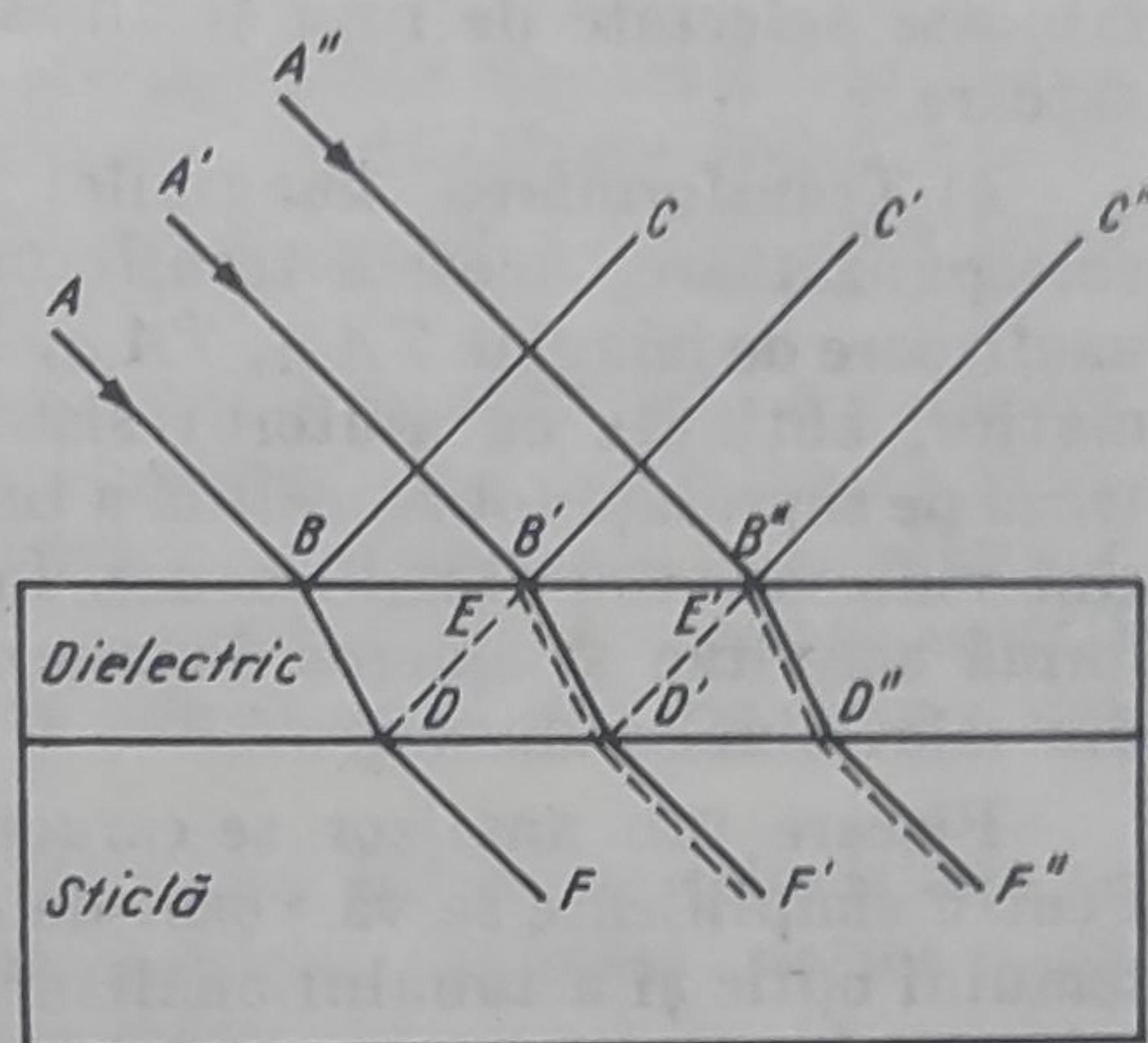


Fig. 5.1. Schema simplificată a camerei de televiziune.

a. Descompunerea optică a imaginii obiectului în trei imagini monocromatice corespunzătoare culorilor fundamentale (roșu, verde și albastru). Această descompunere se realizează cu ajutorul unui sistem de oglinzi dicroice, OD_1 și OD_2 . Oglinda dicroică are proprietatea de a reflecta o anumită gamă a spectrului vizibil și de a lăsa să treacă restul. O oglindă dicroică este formată dintr-o placă de sticlă acoperită pe o parte cu straturi succesive de materiale

Fig. 5.2. Structura și influența oglinzii dicroice asupra razelor de lumină.



cu coeficienți de reflexie diferiți. Lungimile de undă ale straturilor se aleg din condiția ca oglinda să reflecte o anumită gamă din spectrul vizibil și de a lăsa să treacă restul gamei spectrului.

Pentru ilustrarea procesului care are loc într-o oglindă dicroică, vom considera o placă de sticlă cu un singur strat (fig. 5.2). Dacă asupra oglinzii cade un flux luminos Φ cu o anumită lungime de undă (de exemplu, roșu cu $\lambda = 680$ nm), atunci la suprafața dintre aer și dielectric undele luminoase se vor reflecta parțial (razele luminoase BC , $B'C'$), iar restul va trece prin dielectric (razele BD , $B'D'$). La joncțiunea dintre dielectric și sticlă, undele luminoase se vor reflecta parțial (razele DE , DE' , ...), iar restul va trece prin sticlă (razele DF , $D'F'$, ...).

Undele reflectate DE , $D'E'$, ... vor ieși din dielectric și se vor propaga în aer în aceeași direcție cu undele reflectate BC' , $B'C''$, ...

Dacă grosimea optică a stratului dielectric se alege egală cu un sfert de undă a fluxului luminos care cade pe oglindă (în cazul nostru, $\lambda : 4 = 680 : 4 = 170$ nm), atunci undele reflectate DE , $D'E'$, vor fi în contrafază cu undele reflectate $B'C'$, $B''C''$, ..., deci lumina cu lungimea de undă $\lambda = 680$ nm nu va fi reflectată. În schimb, undele care se reflectă a doua oară de marginea superioară a dielectricului se vor aduna cu undele care trec prin sticlă. În acest fel, lumina roșie cu $\lambda = 680$ nm va trece prin sticlă.

Este ușor de arătat că, dacă grosimea optică a stratului dielectric se alege egală cu $\lambda/2$, atunci lumina roșie cu $\lambda = 680$ nm nu va trece prin sticlă, ci, practic, se va reflecta în aer.

Curbele spectrale ale oglinzilor dicroice se caracterizează prin factorul efectiv de transmisie $\tau(\lambda)$ sau de reflexie $\tau'(\lambda)$. O oglindă dicroică bine realizată permite trecerea unei porțiuni a fluxului luminos în proporție de 95% sau realizează un coeficient de reflexie de până la 85%.

În schema din fig. 5.1, oglinda dicroică OD_1 reflectă gama de roșu a spectrului vizibil și lasă să treacă gamele de verde și albastru. Oglinda dicroică

OD_2 reflectă gama de albastru a spectrului vizibil și lasă să treacă gama de verde.

Pe traseele celor trei fascicule luminoase, separate cu ajutorul oglinzilor dicroice, se introduc filtre luminoase suplimentare FL_R , FL_G , FL_B , care au rolul de a corecta caracteristicile spectrale ale tuburilor videocaptoare.

Oglinzile O_3 și O_4 nu sînt selective, ele au rolul de a dirija fluxurile luminoase selectate de roșu și albastru către tuburile videocaptoare corespunzătoare.

b) Transformarea imaginilor monocromatice în trei semnale electrice corespunzătoare. Această transformare se realizează cu ajutorul a trei tuburi analizoare de imagine TA_R , TA_G , TA_B . Fiecare din cele trei imagini monocromatice, obținute cu ajutorul sistemului de oglinzi din fig. 5.1, se proiectează pe suprafața fotosensibilă a tubului analizor corespunzător (care de obicei sînt vidicoane sau plumbicoane). În cele trei tuburi, imaginile optice se transformă simultan și sincron în semnale electrice, folosind metoda baleiajului din televiziunea alb-negru.

Fiecare tub analizor se caracterizează prin sensibilitatea spectrală $\epsilon(\lambda)$. Pentru simplificare se va vorbi de caracteristica spectrală totală, $\sigma(\lambda)$, a sistemului optic și a tubului analizor. Acest sistem îl vom numi fotoconvertor selectiv. În acest fel, o cameră de televiziune conține trei fotoconvertori selectivi, fiecare cu caracteristica sa spectrală, $\sigma_R(\lambda)$, $\sigma_G(\lambda)$ și $\sigma_B(\lambda)$.

Semnalele electrice furnizate de cameră trebuie să poarte informația despre luminanța și cromaticitatea radiației luminoase ce acționează asupra ei. Pentru aceasta, la determinarea caracteristicilor spectrale ale camerei de televiziune color este necesar să se țină seama că luminanța și cromaticitatea sînt noțiuni fizico-psihofiziologice. Așa cum s-a amintit în capitolul 2, aceste noțiuni conțin în sine nu numai proprietățile radiației ce acționează asupra ochiului, ci și particularitățile perceperii acestei radiații de către organul vederii.

Înainte de a stabili cum trebuie să fie semnalele electrice furnizate de o cameră de televiziune color pentru a realiza o transmisie fidelă a culorilor, este necesar mai întîi să analizăm în ce constă noțiunea de fidelitate a transmisiei culorilor și care este gama culorilor care pot fi reproduse prin intermediul sistemului de televiziune.

5.2. FIDELITATEA TRANSMISIEI CULORILOR

Fidelitatea transmisiei culorilor se referă la exactitatea reproducerii culorilor pe televizor, astfel încît observatorul să nu simtă diferența dintre culorile imaginii și originalului. Pentru aceasta trebuie ca strălucirea și croma culorii să fie transmise și reproduse fără distorsiuni și ca imaginea să fie percepută în aceleași condiții în care a fost perceput originalul. Este clar pentru oricine că asemenea condiții nu pot fi satisfăcute. Este suficient să ne amintim, de pildă, că o scenă în studiou este percepută în condițiile unei iluminări medii, care, de obicei, se modifică în procesul de observare, pe cînd telespectatorul percepe imaginea scenei în condițiile iluminării încăperii în care se află televizorul, care, de obicei, rămîne neschimbată.

De fapt, toate elementele sistemului de televiziune introduc, într-o măsură mai mare sau mai redusă, distorsiuni ale imaginii.

În literatura de specialitate se specifică trei noțiuni ce definesc fidelitatea transmisiei culorilor:

- fidelitate fizică;
- fidelitate colorimetrică (sau fiziologică);
- fidelitate psihologică.

Fidelitatea fizică presupune identitatea compozițiilor spectrale ale radiațiilor originalului și imaginii. Întrucât noțiunea de fidelitate fizică are în vedere condițiile reproducerii radiației luminoase și nu ale culorii, fidelitatea fizică nu se realizează în practică.

Fidelitatea colorimetrică presupune ca perceperea de către ochi a culorilor imaginii să fie identică cu perceperea culorilor originalului. Noțiunea de fidelitate colorimetrică se referă, așadar, la aprecierea cantitativă a distorsiunilor coordonatelor cromatice ale culorii imaginii în comparație cu cele ale culorii originalului. Deci, fidelitatea colorimetrică are la bază metode de control obiective.

Din cele arătate în cap. 2, rezultă că printr-un sistem de televiziune se transmit doar strălucirile relative și nu cele absolute. De aceea, noțiunea de fidelitate colorimetrică are în vedere și acest fapt.

Pentru obținerea senzației corecte de culoare a imaginii este necesar ca, la reproducerea suprafețelor cu același coeficient de reflexie spectrală în tot spectrul vizibil (de exemplu, zăpada, hîrtia albă), ochiul să perceapă aceste suprafețe ca albe, indiferent de compoziția spectrală a sursei care luminează originalul. Pentru aceasta, se alege o culoare de control (albul de referință). Albul de referință se alege avînd la bază cerințele telespectatorilor, condițiile de iluminat în studiouri și condițiile tehnice de realizare. În televiziune, pentru albul de referință s-au ales sursele de lumină de tip C și D 6500K (în paragraful 5.4 se va vorbi detaliat despre acest lucru).

Fidelitatea psihologică presupune identitatea subiectivă a culorilor imaginii și originalului. Noțiunea de fidelitate psihologică se referă la aprecierea calitativă (subiectivă) a distorsiunilor admisibile ale culorii imaginii față de original. De obicei, telespectatorul nu vede originalul; aprecierea calității reproducerii culorilor o face prin compararea între ele, prin compararea cu culorile obiectelor aflate în cameră sau prin compararea cu culorile unor obiecte pe care le păstrăm în memorie. Trebuie avute în vedere în special obiectele ale căror culori sînt foarte bine cunoscute, cum ar fi, pielea feței și a mîinilor, părul, apa, cerul, iarba, frunzele, fructele, etc.; culoarea acestor obiecte trebuie reprodusă cît mai exact. După felul cum sînt reproduse culorile acestor obiecte, ne putem pronunța asupra calității tehnice a transmisiei de televiziune.

Rezultă că realizarea fidelității psihologice este obligatorie. Aceasta nu înseamnă că ea poate sta la baza calculelor tehnice de elaborare a aparaturii sistemului de televiziune în culori.

În concluzie, în televiziune nu are sens realizarea fidelității fizice, deoarece imaginea color de televiziune este destinată percepției vizuale. Fidelitatea psihologică, depinzînd de obiect, cere reglarea sistemului de televiziune pentru imagini particulare, ceea ce, evident, este imposibil de realizat. De aceea, în televiziunea în culori se tinde să se asigure fidelitatea colorimetrică de transmisie a culorilor.

5.3. GAMA CULORILOR REPRODUSE ÎN TELEVIZIUNE

Pentru sinteza imaginii se folosește, de obicei, tubul cinescop tricrom, ecranul căruia este format din grupe de trei luminofori de culoare (tuburile cinescop sînt tratate în cap. 12). Caracteristicile spectrale ale radiațiilor celor trei luminofori se aleg astfel încît radiațiile lor luminoase să se situeze în domeniile culorilor de roșu, verde și albastru.

Dacă se notează caracteristicile spectrale ale radiațiilor luminoforilor cu $p_R(\lambda)$, $p_G(\lambda)$, $p_B(\lambda)$, componentele tricromatice ale culorilor corespunzătoare celor trei radiații în sistemul XYZ se determină din relații similare cu relațiile (4.10). De exemplu, componentele tricromatice ale culorii corespunzătoare luminoforului de roșu se determină din relația:

$$\begin{aligned} X_R &= \int_{380}^{780} p_R(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda; & Y_R &= \int_{380}^{780} p_R(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda; \\ Z_R &= \int_{380}^{780} p_R(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda; \end{aligned} \quad (5.1)$$

Coordonatele tricromatice ale culorilor radiațiilor celor trei luminofori se determină din relația 4.4. În acest fel, se obțin trei culori primare R_S , G_S , B_S ale receptorului, care, reprezentate în sistemul XYZ, formează un triunghi $R_S G_S B_S$. Aceste trei culori primare ale receptorului le vom numi culori de sinteză, deoarece cu ajutorul lor se face sinteza imaginii color de televiziune.

Bogăția culorilor care poate fi reprodusă de un sistem de televiziune în culori depinde de alegerea culorilor de sinteză. Cu cît suprafața triunghiului R_S , G_S , B_S este mai mare, cu atît mai mare va fi și gama culorilor reproduse.

Pentru a realiza reproducerea unei game cît mai mari de culori, care se întîlnesc în mod frecvent, triunghiul culorilor de sinteză trebuie să îndeplinească condițiile:

- trebuie să cuprindă gama culorilor coloranților cunoscuți pentru toate culorile întîlnite în practica de iluminare, deoarece prin intermediul televiziunii se transmit culorile stofelor, decorațiilor, tablourilor, ilustrațiilor, filmelor în culori etc.;

- trebuie să cuprindă gama culorilor întîlnite în natură, cum ar fi culorile ierbii, frunzelor, apei, cerului, etc.;

- trebuie să cuprindă gama culorilor luminescente, care se folosesc la decorații, costume, etc.;

- trebuie să asigure o strălucire corespunzătoare a imaginii reproduse în condițiile cheltuirii unei energii minime.

Suprafața triunghiului de sinteză R_S , G_S , B_S va fi cu atît mai mare cu cît culorile de sinteză vor fi mai apropiate de culorile monocromatice (spectrale). Această apropiere se poate realiza prin îngustarea caracteristicilor spectrale ale radiațiilor luminoforilor. Prin aceasta și culorile de sinteză vor fi mai saturate. Dar, îngustarea acestor caracteristici conduce la micșorarea cantității energiei luminoforilor și deci la micșorarea strălucirii ecranului. Mărirea strălucirii în acest caz poate fi asigurată doar pe calea creșterii energiei radiației.

Așa cum a rezultat din analiza caracteristicii vizibilității relative $v(\lambda)$ -- fig. 2.5 -- pentru obținerea strălucirii necesare pentru culorile din regiunile marginale ale spectrului vizibil (roșu și albastru) este necesar să se mărească energia acestor radiații. De aceea, culoarea roșie de sinteză trebuie aleasă în

regiunea culorii monocromatice cu lungimea de undă nu mai mare de 620 nm, iar culoarea albastră de sinteză trebuie aleasă în regiunea culorii monocromatice cu lungimea de undă în jur de 450—470 nm.

Culorile saturate din regiunea galbenului au o strălucire ridicată. De aceea, latura triunghiului de culoare care leagă culorile de sinteză de roșu și verde trebuie, pe cât posibil, să se apropie de curba culorilor spectrale din această regiune. În acest caz, culorile saturate de roșu, portocaliu și galben, des întâlnite în practică, vor fi reproduse cu strălucire ridicată fără a-și pierde saturația.

La alegerea culorii verde de sinteză mai trebuie să ținem seama de faptul că culorile de verde au un spectru de radiații larg și deci saturația lor este scăzută, iar strălucirea ridicată. De aceea, culoarea verde de sinteză nu trebuie să fie aproape de curba culorilor monocromatice (spectrale). De asemenea, pentru obținerea culorii albe de referință prin amestecul celor trei culori de sinteză, strălucirea culorii verde trebuie să fie de 5÷10 ori mai mare decât strălucirea culorii albastru de sinteză. Așadar, este important ca strălucirea culorii verde de sinteză să fie cât mai mare, ceea ce implică alegerea unui verde nu prea saturat.

La alegerea culorii verde de sinteză s-a ținut seama și de particularitatea perceperii culorilor dintre violet și verde (culorile bleu). Culorile bleu saturate au strălucirea redusă și se întâlnesc rar. De obicei, se întâlnesc culorile bleu nesaturate; pragul de deosebire de către ochi a acestor culori are valoarea maximă pe diagrama de cromaticitate, adică unei deplasări mari pe graficul de culoare îi corespunde o modificare redusă a culorii. Toate acestea conduc la concluzia că latura triunghiului de culoare dintre albastru și verde poate fi luată mai departe de curba culorilor spectrale din această regiune.

Întrucât pe baza culorilor de sinteză se reglează aparatura de studiu și receptorul de televiziune, aceste culori au fost standardizate. Pentru televiziunea în culori nu a fost posibil să se adopte culorile de referință *RGB*, datorită dificultăților de realizare a aparaturii de emisie și de recepție. În prezent este adoptat triunghiul de culoare *R_SG_SB_S*, propus încă de la apariția sistemului de televiziune în culori american NTSC, cu următoarele coordonate tricromatice în sistemul de referință *XYZ*:

$$\begin{array}{ll} \text{Roșu} & (R_S) : x_R=0,67; \quad y_R=0,33; \quad z_R=0 \\ \text{Verde} & (G_S) : x_G=0,21; \quad y_G=0,71; \quad z_G=0,08 \\ \text{Albastru} & (B_S) : x_B=0,14; \quad y_B=0,08; \quad z_B=0,78 \end{array} \quad (5.2)$$

În fig. 5.3. este reprezentat acest triunghi în planul *xoy*, conform coordonatelor din relația (5.2). Tot în acest sistem de referință *xoy* sînt trasate și curbele cromaticităților reproduse de imprimările tipografice (punctat) și a cromaticităților reproduse în cinematografia color (linie-punct).

Din acest grafic se observă că sistemul de televiziune în culori poate reproduce o gamă mai largă de culori decât imprimările tipografice. Triunghiul definit de coordonatele din relația (5.2) cuprinde, de fapt, majoritatea culorilor din natură.

Culorile cuprinse în interiorul triunghiurilor *R_SG_SB_S* vor fi reproduse în mod corect de tubul cinescop. În realitate, culorile transmise care sînt dispuse în afara triunghiului vor fi reproduse cu distorsiuni de saturație și nuanță.

Componentele tricromatice în sistemul colorimetric XYZ în funcție de componentele tricromatice din sistemul colorimetric $R_S G_S B_S$, în care albul de referință este de tip C, se află din relațiile:

$$\begin{aligned} X &= 0,607 R_S + 0,174 G_S + 0,200 B_S; \\ Y &= 0,299 R_S + 0,587 G_S + 0,114 B_S; \\ Z &= 0,000 R_S + 0,066 G_S + 1,116 B_S. \end{aligned} \quad (5.3)$$

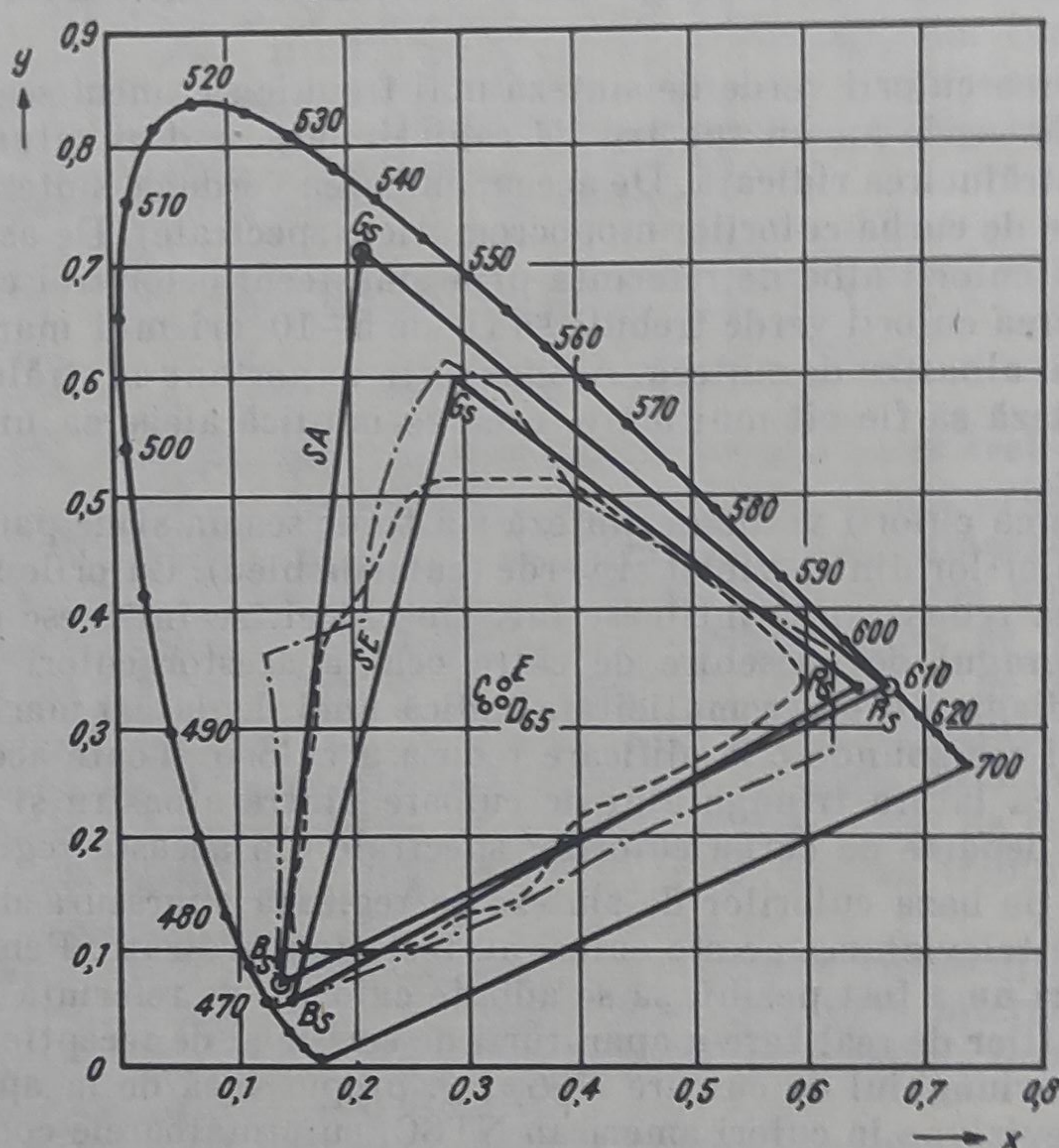


Fig. 5.3. Reprezentarea în planul xoy a triunghiului de culoare al receptorului.

Amintim aici că, cinescoapele actuale nu pot reproduce încă culorile de sinteză conform standardului american SA (relația (5.2)). De aceea, pentru cinescoapele reale s-a recomandat în 1971 să se adopte standardul european (pe care-l vom nota cu SE), conform căruia culorile de sinteză au următoarele coordonate (fig. 5.3):

$$\begin{aligned} \text{Roșu} \quad (R_S) : x_R &= 0,64; \quad y_R = 0,33; \quad z_R = 0,03; \\ \text{Verde} \quad (G_S) : x_G &= 0,29; \quad y_G = 0,60; \quad z_G = 0,11; \\ \text{Albastru} \quad (B_S) : x_B &= 0,15; \quad y_B = 0,66; \quad z_B = 0,79. \end{aligned} \quad (5.4)$$

Conform standardului european, drept culoare albă de referință s-a ales culoarea de tip D_{65} , ale cărei coordonate sînt: $x_D = 0,313$; $y_D = 0,329$; $z_D = 0,358$.

Componentele tricromatice în sistemul colorimetric XYZ în funcție de componentele tricromatice ale sistemului colorimetric determinat de standardul SE se determină din relațiile:

$$\begin{aligned} X &= 0,430 R_S + 0,341 G_S + 0,178 B_S; \\ Y &= 0,222 R_S + 0,707 G_S + 0,071 B_S; \\ Z &= 0,020 R_S + 0,130 G_S + 0,939 B_S. \end{aligned} \quad (5.5)$$

Pentru simplificarea expunerii, vom folosi standardul SA, ca fiind cel mai răspândit. În cazurile în care ne vom referi la standardul SE, vom specifica acest lucru.

Pentru obținerea unei înalte fidelități colorimetrice este necesar ca toate coordonatele tricromatice ale culorilor de sinteză să fie în orice receptor apropiate de cele nominale (relația (5.2) sau (5.4)). Standardul european face recomandări și în privința toleranțelor coordonatelor culorilor de sinteză, astfel încât aceste coordonate să se afle în interiorul unor patrulete, cu vîrfurile bine precizate.

5.4. STANDARDIZAREA SURSELOR DE CULOARE ALBĂ

Întrucît culoarea albă de referință face parte integrantă din calculele colorimetrice, ea a fost standardizată. În urma unor experiențe și cercetări, pentru televiziunea în culori s-au reținut următoarele surse de culoare albă (în paranteză se dau și temperaturile T de culoare ale acestor surse):

- sursa $A(T=2840\text{ K})$: corespunde radiației lămpii cu incandescență cu wolfram;

- sursa $B(T=4800\text{ K})$: corespunde luminii difuze solare la amiază;
- sursa $C(T=5700\text{ K})$: corespunde luminii solare directe;
- sursa $E(T=6500\text{ K})$: corespunde sursei cu spectru de egală energie;
- sursa $D(T=6500\text{ K})$: corespunde unui cer înnoirat.

În afară de albul de referință E de egală energie, în calculele colorimetrice este recomandat de către Comisia Europeană de Iluminat (CIE) albul de tip C , care are o nuanță albastruie.

Albul etalon C constituie referința de alb pentru culorile de sinteză conform standardului american (SA). Pentru culorile de sinteză, conform standardului SE, se folosește ca referință albul etalon D_{6500} (D_{65}).

În fig. 5.3. sînt reprezentate pe diagrama de cromaticitate a sistemului xyz culorile albului etalon tip E , C și D_{65} .

5.5. CONDIȚIILE FIDELITĂȚII COLORIMETRICE A TRANSMISIEI CULORILOR

Fie Φ_0 fluxul luminos al unui punct al obiectului și Φ_i — fluxul luminos al aceluiași punct al imaginii obiectului (în continuare, prin imagine vom înțelege imaginea de televiziune, adică imaginea de pe ecranul tubului cine-scop). Conform relației (4.2) avem:

$$\Phi_0 = X_0[X] + Y_0[Y] + Z_0[Z]; \quad (5.6)$$

$$\Phi_i = X_i[X] + Y_i[Y] + Z_i[Z].$$

Pentru o reproducere exactă a culorii punctului considerat, este necesar ca între fluxurile luminoase Φ_0 și Φ_i să existe o dependență liniară, adică:

$$\Phi_i = k \cdot \Phi_0 \quad (5.7)$$

Ținând seama de relațiile (5.4), ultima relație (5.7) se scrie:

$$\begin{aligned} X_i &= kX_0 \\ Y_i &= kY_0 \\ Z_i &= kZ_0 \end{aligned} \quad (5.8)$$

Având în vedere relațiile (4.4), condițiile din relațiile (5.8) se mai scriu:

$$\begin{aligned} x_i &= kx_0 \\ y_i &= ky_0 \\ z_i &= kz_0 \end{aligned} \quad (5.9)$$

Așadar, pentru realizarea fidelității colorimetrice a transmisiei culorilor, este necesar ca imaginea de pe tubul cinescop să reproducă exact cromaticitățile și structurile relative ale obiectului.

Să urmărim în ce condiții sistemul de televiziune asigură realizarea fidelității colorimetrice de reproducere a culorilor. În scopul simplificării raționamentului, vom considera un sistem de televiziune cu caracteristică de transmisie liniară (atât tubul videocaptor, cât și cel videoreproducător — adică tubul cinescop — sînt considerate ca dispozitive lineare). În legătură cu schema sistemului de televiziune din fig. 5.4 mai facem următoarele precizări:

- culorile fundamentale de sinteză ale receptorului, R_S , G_S , B_S , formează un sistem colorimetric, în care putem reprezenta orice culoare (operăm

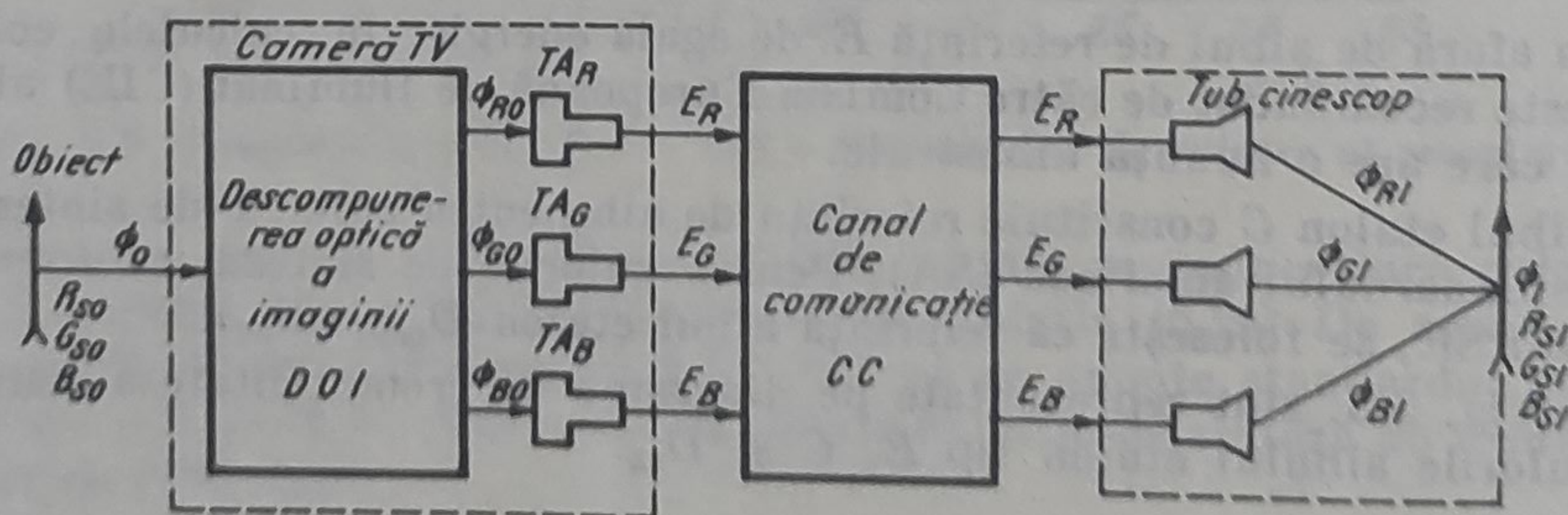


Fig. 5.4. Schema simplificată a unui sistem liniar de televiziune în culori.

la fel ca în sistemele XYZ sau RGB, tratate în cap. 3 și 4). Similar cu celelalte sisteme colorimetrice, componentele tricolorimetrice le notăm cu R_S , G_S , B_S , coordonatele tricromatice cu r_s , g_s , b_s și coeficienții specifici ai culorilor spectrale cu $\bar{r}_s(\lambda)$, $\bar{g}_s(\lambda)$, $\bar{b}_s(\lambda)$;

- dispozitivul de descompunere optică a imaginii din camera de televiziune, notat cu DOI, descompune fluxul luminos al unui punct al obiectului Φ_0 în trei fluxuri luminoase Φ_{R0} , Φ_{G0} , Φ_{B0} ;

- tuburile analizoare de imagine TA_R , TA_G și TA_B transformă fluxurile luminoase Φ_R , Φ_G , Φ_B în semnale electrice E_R , E_G , E_B ;

- canalul de comunicație dintre cameră și receptorul de televiziune este notat cu CC . Din punctul de vedere al semnalelor de culoare, canalul de comunicație cuprinde, la emisie, un sistem de codare a celor trei semnale de culoare, E_R , E_G , E_B , pentru a emite în eter doar un singur semnal; la recepție (adică în televizor), există un decodor cu ajutorul căruia din semnalul codat recepționat se obțin din nou cele trei semnale E_R , E_G , E_B ;

- tubul cinescop este reprezentat prin cele trei tunuri electronice care formează trei fluxuri luminoase Φ_R , Φ_G și Φ_B , din care se sintetizează fluxul luminos Φ_i al punctului de pe imaginea cinescopului.

În sistemul colorimetric al receptorului $R_S G_S B_S$, culoarea unui punct al obiectului are componentele tricromatice R_{SO} , G_{SO} , B_{SO} , iar culoarea aceluiași punct al imaginii are componentele tricromatice R_{SI} , G_{SI} , B_{SI} .

Analog relațiilor (3.14), componentele tricromatice ale punctului obiectului care este concretizat printr-un flux luminos Φ_0 de caracteristică spectrală $\varphi(\lambda)$, se determină din relațiile:

$$\begin{aligned} R_{SO} &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) \bar{r}_s(\lambda) d\lambda; \\ G_{SO} &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) \bar{g}_s(\lambda) d\lambda; \\ B_{SO} &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) \bar{b}_s(\lambda) d\lambda. \end{aligned} \quad (5.10)$$

Pe de altă parte, semnalele E_R , E_G , E_B la ieșirea camerei TV se determină din relațiile:

$$\begin{aligned} E_R &= a_R \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) \sigma_R(\lambda) d\lambda; \\ E_G &= a_G \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) \sigma_G(\lambda) d\lambda; \\ E_B &= a_B \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) \sigma_B(\lambda) d\lambda, \end{aligned} \quad (5.11)$$

în care $\sigma_R(\lambda)$, $\sigma_G(\lambda)$, $\sigma_B(\lambda)$ sînt caracteristicile spectrale ale fotoconvertorilor selectivi ai camerei, (exprimați în $\mu A/lm$), iar coeficienții a_R , a_G și a_B permit exprimarea semnalelor E_R , E_G , și E_B în volți.

Dacă:

$$\begin{aligned} \sigma_R(\lambda) &= \bar{r}_s(\lambda), \\ \sigma_G(\lambda) &= \bar{g}_s(\lambda), \\ \sigma_B(\lambda) &= \bar{b}_s(\lambda), \end{aligned} \quad (5.12)$$

atunci din compararea relațiilor (5.10 și (5.11) obținem:

$$\begin{aligned} E_R &= a_R R_{SO}; \\ E_G &= a_G R_{SO}; \\ E_B &= a_B B_{SO}. \end{aligned} \quad (5.13)$$

Dar, conform determinării, componentele tricromatice ale punctului obiectului se pot scrie astfel:

$$R_{SO} = \frac{L_{RO}}{L_{[RO]}}; \quad G_{SO} = \frac{L_{GO}}{L_{[GO]}}; \quad B_{SO} = \frac{L_{BO}}{L_{[BO]}}; \quad (5.14)$$

în care L_{RO} , L_{GO} , L_{BO} sînt strălucirile culorilor de sinteză R_S , G_S , B_S necesare reconstituirii culorii punctului considerat al obiectului, iar $L_{[RO]}$, $L_{[GO]}$, și $L_{[BO]}$ sînt strălucirile cantităților unitare ale culorilor de sinteză R_S , G_S , B_S .

Cu relația (5.14), relațiile (5.13) devin:

$$\begin{aligned} E_R &= a_R \frac{L_{RO}}{L_{[RO]}}; \\ E_G &= a_G \frac{L_{GO}}{L_{[GO]}}; \\ E_B &= a_B \frac{L_{BO}}{L_{[BO]}}. \end{aligned} \quad (5.15)$$

Similar relațiilor (5.14) putem scrie componentele tricromatice ale punctului imaginii:

$$R_{SI} = \frac{L_{RI}}{L_{[RI]}}; \quad G_{SI} = \frac{L_{GI}}{L_{[GI]}}; \quad B_{SI} = \frac{L_{BI}}{L_{[BI]}}, \quad (5.16)$$

în care L_{RI} , L_{GI} și L_{BI} sînt strălucirile culorilor de sinteză R_S , G_S , B_S necesare reconstituirii punctului considerat al imaginii, iar $L_{[RI]}$, $L_{[GI]}$, $L_{[BI]}$ sînt strălucirile cantităților unitare ale culorilor de sinteză.

Așa cum am considerat, tubul cinescop este un element liniar de transformare a semnalului electric în strălucire, adică:

$$\begin{aligned} R_{SI} &= d_R E_R, \\ G_{SI} &= d_G E_G, \\ B_{SI} &= d_B E_B. \end{aligned} \quad (5.17)$$

Dacă:

$$a_R d_R = a_G d_G = a_B d_B = k \quad (5.18)$$

și dacă se ține seama de (5.14) și (5.15), relațiile (5.17) devin:

$$\begin{aligned} R_{SI} &= k R_{SO} \\ G_{SI} &= k G_{SO} \\ B_{SI} &= k B_{SO}, \end{aligned} \quad (5.19)$$

adică tocmai condițiile fidelității colorimetrice, scrise în sistemul de referință al receptorului (relațiile sînt similare cu rel. (5.8).

Înlocuind relațiile (5.14) și (5.15) în rel. (5.17) obținem:

$$\begin{aligned} L_{RI} &= k \frac{L_{[RI]}}{L_{[RO]}} \cdot L_{RO} \\ L_{GI} &= k \frac{L_{[GI]}}{L_{[GO]}} \cdot L_{GO} \\ L_{BI} &= k \frac{L_{[BI]}}{L_{[BO]}} \cdot L_{BO}. \end{aligned} \quad (5.20)$$

Avînd în vedere că atât pentru cameră, cît și pentru receptor se folosește aceeași culoare albă de referință, ceea ce înseamnă că:

$$\frac{L_{RI}}{L_{RO}} = \frac{L_{GI}}{L_{GO}} = \frac{L_{BI}}{L_{BO}} = n, \quad (5.21)$$

atunci relațiile (5.18) se scriu:

$$\begin{aligned} L_{RI} &= knL_{RO} \\ L_{GI} &= knL_{GO} \\ L_{BI} &= knL_{BO}. \end{aligned} \quad (5.22)$$

Notînd strălucirea totală a imaginii cu L_I și pe cea a obiectului cu L_O avem

$$\begin{aligned} L_I &= L_{RI} + L_{GI} + L_{BI} \\ L_O &= L_{RO} + L_{GO} + L_{BO} \end{aligned} \quad (5.23)$$

Introducînd rel. (5.22) în rel. (5.23) avem, în final:

$$L_I = knL_O, \quad (5.24)$$

adică între strălucirea imaginii și strălucirea obiectului există o dependență lineară.

În concluzie, pentru satisfacerea condițiilor fidelității colorimetrice — relațiile (5.19) și (5.24) — trebuie să avem grijă să se îndeplinească condițiile (5.12), (5.18), (5.17) și (5.21).

5.6. CARACTERISTICILE SPECTRALE ALE CAMEREI DE TELEVIZIUNE

În paragraful precedent s-a arătat că una din condițiile asigurării fidelității transmisiei culorilor printr-un sistem de televiziune constă în respectarea relațiilor (5.12), adică caracteristicile spectrale ale camerei de televiziune să fie identice cu caracteristicile coeficienților specifici $\bar{r}_s(\lambda)$, $\bar{g}_s(\lambda)$, $\bar{b}_s(\lambda)$ în sistemul colorimetric al receptorului R_s , G_s , B_s . Așa cum s-a arătat, numai în acest fel, semnalele electrice furnizate de cameră vor purta informația de culoare a radiațiilor ce acționează asupra ei.

Dacă se alege sistemul de sinteză NTSC și culoarea albă de referință de tip C, ale cărei coordonate tricromatice sînt date în tabela 5.1, caracteristicile $\bar{r}_s(\lambda)$, $\bar{g}_s(\lambda)$, $\bar{b}_s(\lambda)$ pot fi exprimate ca funcții liniare ale coeficienților specifici $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$, calculînd componentele tricromatice R_s , G_s , B_s în funcție de componentele tricromatice x , y , z din sistemul de ecuații din rel. (5.3):

$$\begin{aligned} \sigma_R(\lambda) &= r_s(\lambda) = 1,91 \bar{x}(\lambda) - 0,532 \bar{y}(\lambda) - 0,288 \bar{z}(\lambda) \\ \sigma_G(\lambda) &= \bar{g}_s(\lambda) = -0,948 \bar{x}(\lambda) + 1,999 \bar{y}(\lambda) - 0,028 \bar{z}(\lambda) \\ \sigma_B(\lambda) &= \bar{b}_s(\lambda) = 0,058 \bar{x}(\lambda) - 0,118 \bar{y}(\lambda) + 0,897 \bar{z}(\lambda) \end{aligned} \quad (5.25)$$

În fig. 5.5 sînt prezentate curbele caracteristicilor spectrale ale camerei de televiziune, calculate pe baza relațiilor (5.25) și care pot fi considerate ca ideale.

Exprimînd componentele tricromatice R_S , G_S , B_S din ecuațiile din rel. (5.5) în funcție de componentele tricromatice X , Y , Z , se pot afla caracteris-

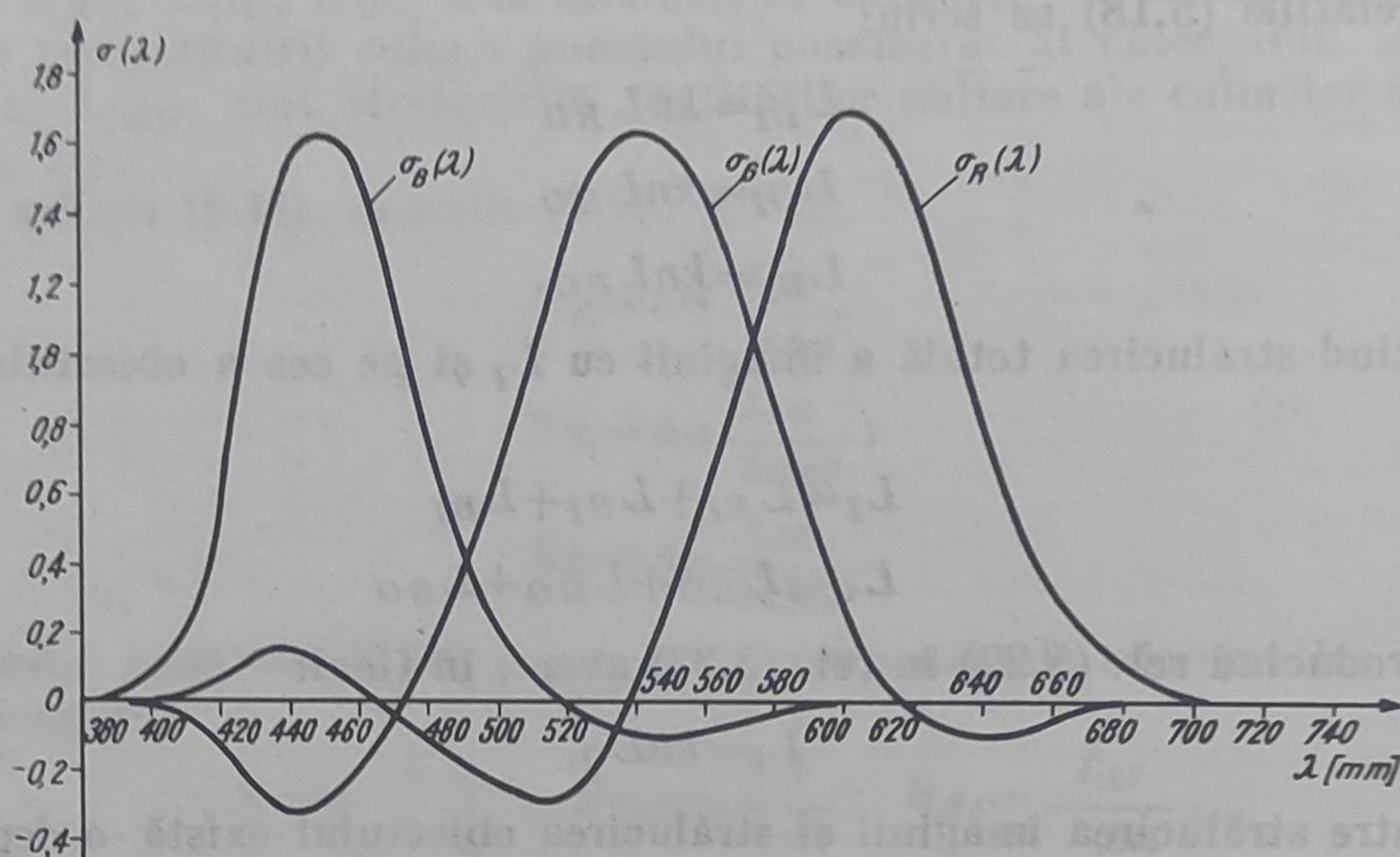


Fig. 5.5. Curbele caracteristicilor spectrale ale camerei TV color folosind sistemul de sinteză SA

ticile spectrale ale camerei de televiziune în cazul în care se folosește sistemul de sinteză european SE și culoarea albă de referință de tip D_{65} :

$$\begin{aligned}\sigma_R(\lambda) &= \bar{r}_s(\lambda) = 3,054 \bar{x}(\lambda) - 1,389 \bar{y}(\lambda) - 0,474 \bar{z}(\lambda) \\ \sigma_G(\lambda) &= \bar{g}_s(\lambda) = -0,970 \bar{x}(\lambda) + 1,878 \bar{y}(\lambda) + 0,042 \bar{z}(\lambda) \\ \sigma_B(\lambda) &= \bar{b}_s(\lambda) = 0,068 \bar{x}(\lambda) - 0,229 \bar{y}(\lambda) + 1,070 \bar{z}(\lambda)\end{aligned}\quad (5.26)$$

În fig. 5.6 sînt prezentate curbele caracteristicilor spectrale ale camerei de televiziune, calculate cu relațiile (5.26) și care, pentru sistemul colorimetric ales, pot fi considerate ca ideale.

Din figurile 5.5 și 5.6 rezultă că, caracteristicile spectrale obținute posedă, pe lângă loburile principale pozitive, alte câteva loburi mai mici pozitive și negative.

Existența loburilor negative se explică prin aceea că triunghiul culorilor de sinteză $R_S G_S B_S$ este dispus în interiorul curbelor spectrale (fig. 5.3). Aceste loburi sînt necesare nu numai pentru reproducerea culorilor din afara triunghiului $R_S G_S B_S$, ci chiar și pentru cele din apropierea laturilor lui.

În tehnica fotoconvertorilor folosiți actualmente în camerele de televiziune nu se cunosc metode de a schimba sensul curentului în funcție de lungimea de undă. De aceea, în practică se folosesc doar loburile principale ale curbelor ideale, pe care le vom nota cu $\sigma'_R(\lambda)$, $\sigma'_G(\lambda)$, $\sigma'_B(\lambda)$. Desigur că, în acest caz, apar o serie de distorsiuni de culoare, dar, așa cum se arată în literatura de specialitate, ele sînt în limitele admisibilului.

Folosirea caracteristicilor $\sigma'_R(\lambda)$, $\sigma'_G(\lambda)$, $\sigma'_B(\lambda)$ conduce la distorsiuni ale nuanței, la scăderea saturației și la modificarea strălucirii unor culori. Distor-

siuni pot exista pentru toate culorile, dar pentru culorile saturate ale obiectelor aceste distorsiuni sînt sesizabile. Este evident cã, pentru culoarea albã etalon, pe baza cãreia se face reglajul transmisiei în culori, nu existã nici un fel de distorsiuni.

Dacã se au în vedere proprietãþile percepþiei vizuale, care au fost examinate în capitolul 2, rezultã cã unele distorsiuni pot fi admise. Mai amintim

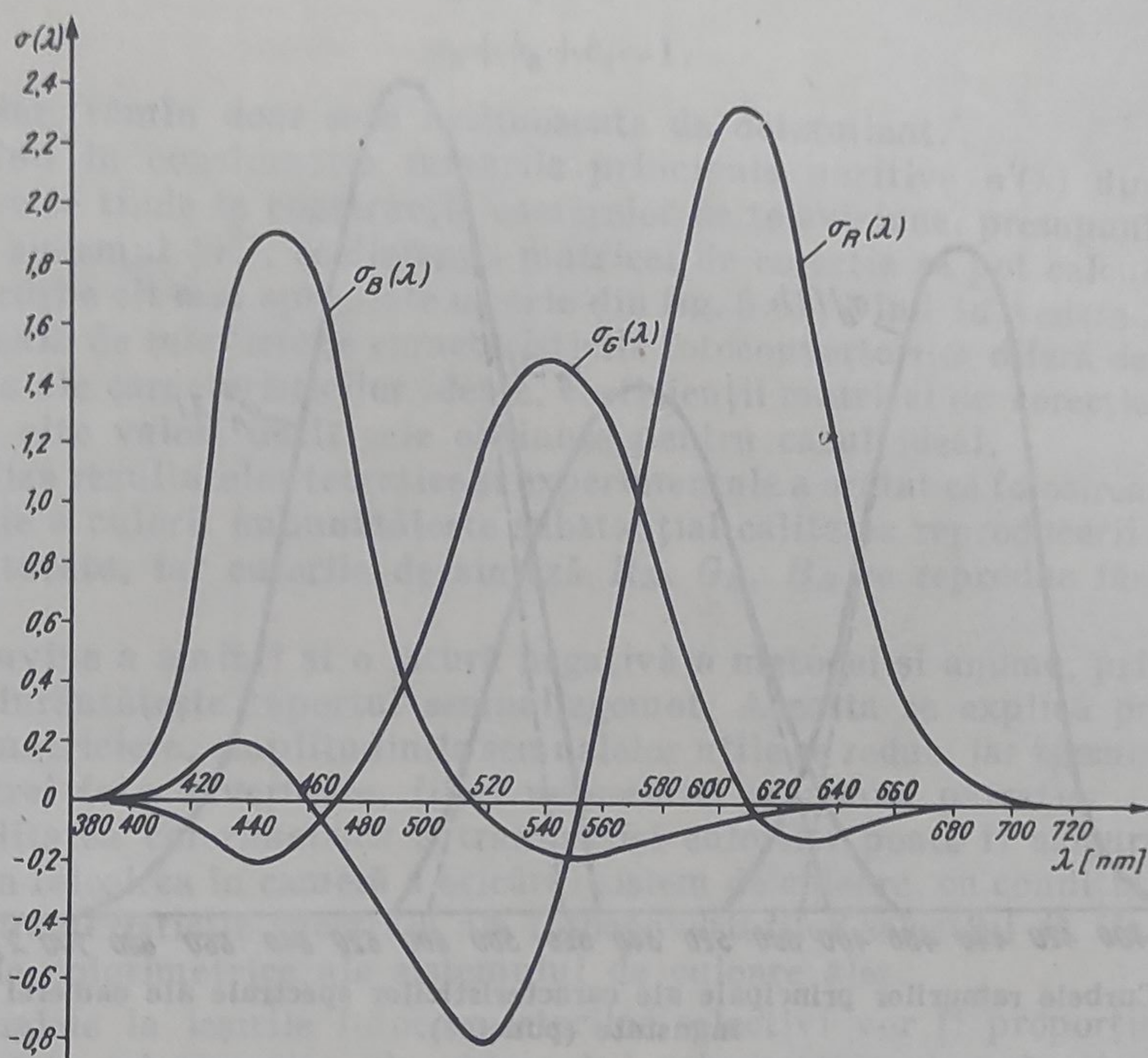


Fig. 5.6. Curbele caracteristicilor spectrale ale camerei TV color folosind sistemul de sintezã SE.

cã și culorile verzi foarte saturate, care corespund lobului negativ din caracteristica $\sigma_R(\lambda)$, se întîlnesc rar în naturã; deci lipsa acestui lob nu este primejdioasă. La fel, culorile bleu saturate se întîlnesc rar în naturã, ceea ce permite sã se renunþe la lobul negativ din caracteristica $\sigma_G(\lambda)$ și la al doilea lob pozitiv din caracteristica $\sigma_R(\lambda)$.

Distorsiunile de culoare, datorate neglijãrii ramurilor secundare din caracteristicile ideale ale camerei pot fi compensate prin douã metode:

1. *Metoda îngustãrii caracteristicilor reale ale camerei* $\sigma'_R(\lambda)$, $\sigma'_G(\lambda)$, $\sigma'_B(\lambda)$, așa cum este arãtat în fig. 5.7 (pentru sistemul SE). Conform acestei metode, ramurile principale ale curbelor $\sigma'(\lambda)$ se modificã astfel încît suprafaþa din interiorul acestor ramuri modificate sã fie egalã cu suprafaþa din interiorul curbelor iniþiale $\sigma(\lambda)$. În literatura de specialitate se aratã cã distorsiunile pentru unele culori scad, în timp ce pentru altele cresc. Distorsiunile de culoare scad în special la culorile nesaturate.

2. *Metoda matricierii semnalelor de la ieșirile fotoconvertorilor selectivi ai camerei.* Rolul matricei de corecție a culorii constã în a adãuga fiecãrei ramuri

principale părți adecvate din celelalte ramuri principale, astfel încît caracteristicile obținute la ieșirea matricei de corecție să fie cît mai apropiată de cele ideale.

Dacă notăm cu E'_R, E'_G, E'_B semnalele corespunzătoare ramurilor principale ale curbelor $\sigma(\lambda)$, semnalele E_R^*, E_G^*, E_B^* la ieșirile matricei de corecție trebuie să fie funcții liniare ale semnalelor E'_R, E'_G, E'_B :

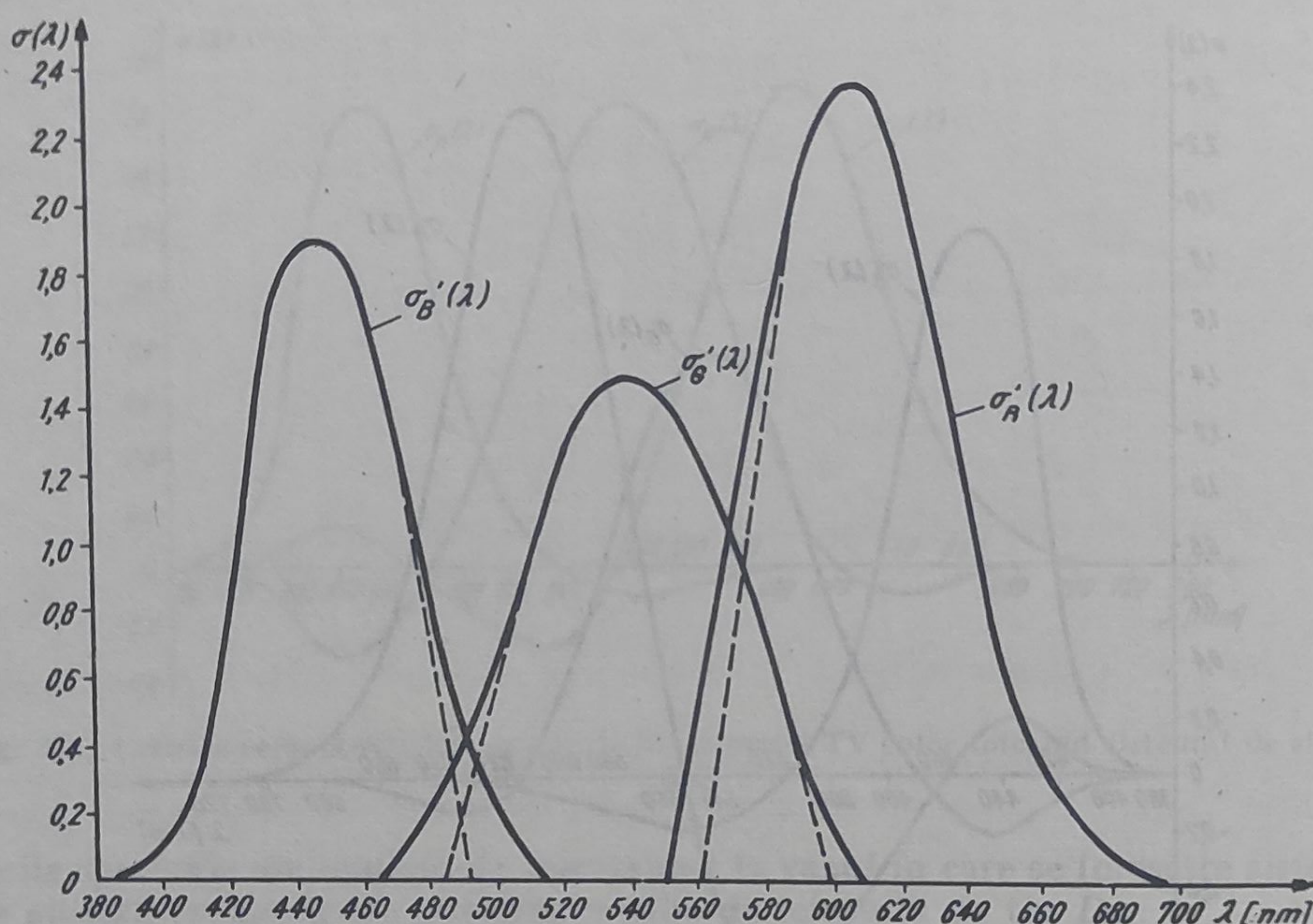


Fig. 5.7. Curbele ramurilor principale ale caracteristicilor spectrale ale camerei și curbele îngustate (punctat).

$$\begin{aligned} E_R^* &= a_1 E'_R + b_1 E'_G + c_1 E'_B \\ E_G^* &= a_2 E'_R + b_2 E'_G + c_2 E'_B \\ E_B^* &= a_3 E'_R + b_3 E'_G + c_3 E'_B \end{aligned} \quad (5.27)$$

Precizăm că între tuburile videocaptoare și matricea de corecție se introduce corectorul gamma, care are rolul de a compensa neliniaritățile caracteristicilor de transfer ale tuburilor videocaptoare.

Calculul matricei optime de corecție constă în aflarea coeficienților acesteia pentru a asigura valoarea minimă a erorii medii pentru un număr suficient de mare de culori (de exemplu, 30), acoperind astfel toate regiunile de pe diagrama de cromaticitate.

În calculul matricei de corecție se mai ține seama de următoarele:

- balansul de culoare al camerei (asigurarea egalității semnalelor E'_R, E'_G, E'_B) se realizează pentru sursa de lumină folosită la transmisie;
- imaginea color trebuie reprodusă pe cinescopul color conform sistemului de culoare al receptorului (de exemplu, sistemul SE);
- culorile imaginii trebuie astfel reproduse ca și cum ele ar corespunde culorilor obiectului iluminat cu sursa etalon (de exemplu, D_{65}).

Din aceste condiții rezultă că matricea de corecție nu trebuie să modifice balansul de culoare al camerei, ceea ce va avea loc dacă suma coeficienților fiecărei linii ai matricii va fi egală cu unitatea, adică:

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 + c_1 &= 1 \\ a_2 + b_2 + c_2 &= 1. \\ a_3 + b_3 + c_3 &= 1. \end{aligned} \quad (5.28)$$

Așadar, rămân doar șase necunoscute de determinat.

Lunînd în considerație ramurile principale pozitive $\sigma'(\lambda)$ din fig. 5.6 (către care se tinde în construcția camerelor de televiziune, presupunînd că se folosește sistemul SE), coeficienții matricii de corecție se pot calcula pentru a obține curbe cît mai apropiate de cele din fig. 5.6. Avînd în vedere că într-o cameră reală de televiziune caracteristicile fotoconvertorilor diferă de ramurile principale ale caracteristicilor ideale, coeficienții matricii de corecție a culorii vor avea alte valori decît cele obținute pentru cazul ideal.

Analiza rezultatelor teoretice și experimentale a arătat că folosirea matricii de corecție a culorii îmbunătățește substanțial calitatea reproducerii culorilor foarte saturate, iar culorile de sinteză R_S , G_S , B_S se reproduc fără distorsiuni.

Se cuvine a aminti și o latură negativă a metodei și anume, prin matriciere se înrăutățește raportul semnal/zgomot. Aceasta se explică prin aceea că, prin matriciere, amplitudinile semnalelor utile se reduc, iar zgomotele date de cele trei fotoconvertoare, fiind necorelate, se adună pătratic.

Fidelitatea colorimetrică a transmisiei culorilor poate fi asigurată, teoretic, prin folosirea în cameră a oricărui sistem de culoare, cu condiția ca, într-adevăr caracteristicile spectrale ale fotoconvertorilor selectivi să fie identice cu curbele colorimetrice ale sistemului de culoare ales.

Semnalele la ieșirile fotoconvertorilor selectivi vor fi proporționale cu componentele tricromatice ale sistemului colorimetric ales. Aceste semnale nu mai pot fi aplicate direct tubului cinescop al televizorului (folosind, desigur, canalul de comunicație) — așa cum are loc pentru cazul cînd în cameră se folosește sistemul colorimetric al receptorului. De aceea, semnalele de la ieșirile fotoconvertorilor selectivi vor trece printr-o schemă electrică — numită și matrice de transformare —, la ieșirea căreia se obțin semnale care pot fi aplicate tubului cinescop al televizorului.

Și aici se impune a aminti că matricea de transformare este un element liniar, deci și tuburile videocaptoare trebuie să fie elemente liniare (de exemplu, camera cu spot volant). În caz contrar, înainte de matricea de transformare se efectuează o corecție gamma care are rolul de a compensa neliniaritatea caracteristicilor semnal-lumină ale tuburilor videocaptoare.

În continuare vom analiza două posibilități de obținere a caracteristicilor spectrale ale camerei de televiziune.

a) Folosirea în camera de televiziune a sistemului colorimetric XYZ. Conform condițiilor de asigurare a fidelității transmisiei culorilor, caracteristicile spectrale ale camerei trebuie să fie identice cu curbele spectrale colorimetrice $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$, reprezentate în fig. 4.3.

Al doilea lob pozitiv al curbei $\bar{x}(\lambda)$ se poate obține folosind un al patrulea tub videocaptor echipat cu un filtru luminos corespunzător.

Se cunoaște o altă metodă de obținere a celui de-al doilea lob pozitiv al curbei $\bar{x}(\lambda)$, bazată pe observația că acest lob se află aproximativ sub curba $\bar{z}(\lambda)$. Deci, este suficient să adăugăm la semnalul dat de fotoconvertorul selectiv, care corespunde doar lobului principal al curbei $\bar{x}(\lambda)$ — pe care-l notăm cu $\bar{x}'(\lambda)$ — o parte din semnalul dat de fotoconvertorul selectiv $\bar{z}(\lambda)$.

Ținând seama de cele prezentate, schema simplificată de analiză, folosind în cameră sistemul colorimetric XYZ, este prezentată în fig. 5.8. Dacă notăm cu $\sigma'_R(\lambda)$, $\sigma'_G(\lambda)$, $\sigma'_B(\lambda)$ caracteristicile spectrale ale fotoconvertorilor selectivi și cu $\sigma_R(\lambda)$, $\sigma_G(\lambda)$, $\sigma_B(\lambda)$, caracteristicile spectrale la intrarea matricei de transformare, rezultă:

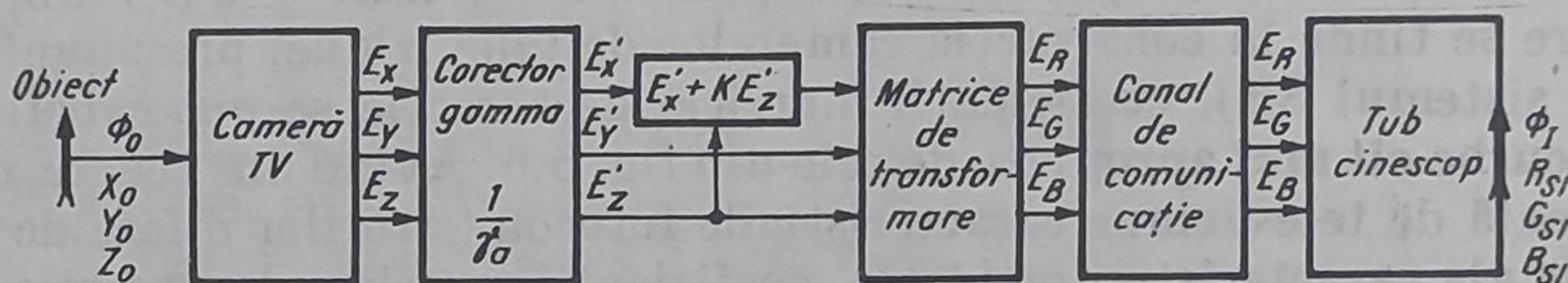


Fig. 5.8. Structura simplificată a unui sistem neliniar de televiziune color, folosind în cameră sistemul colorimetric XYZ.

$$\begin{aligned}\sigma_R(\lambda) &= \sigma'_R(\lambda) + 0,189 \sigma'_B(\lambda) = \bar{x}'(\lambda) + 0,19 \bar{z}(\lambda) \\ \sigma_G(\lambda) &= \sigma'_G(\lambda) = \bar{y}(\lambda) \\ \sigma_B(\lambda) &= \sigma'_B(\lambda) = \bar{z}(\lambda),\end{aligned}\quad (5.29)$$

deoarece:

$$E_X = E'_X + 0,19 E'_Z \quad (5.30)$$

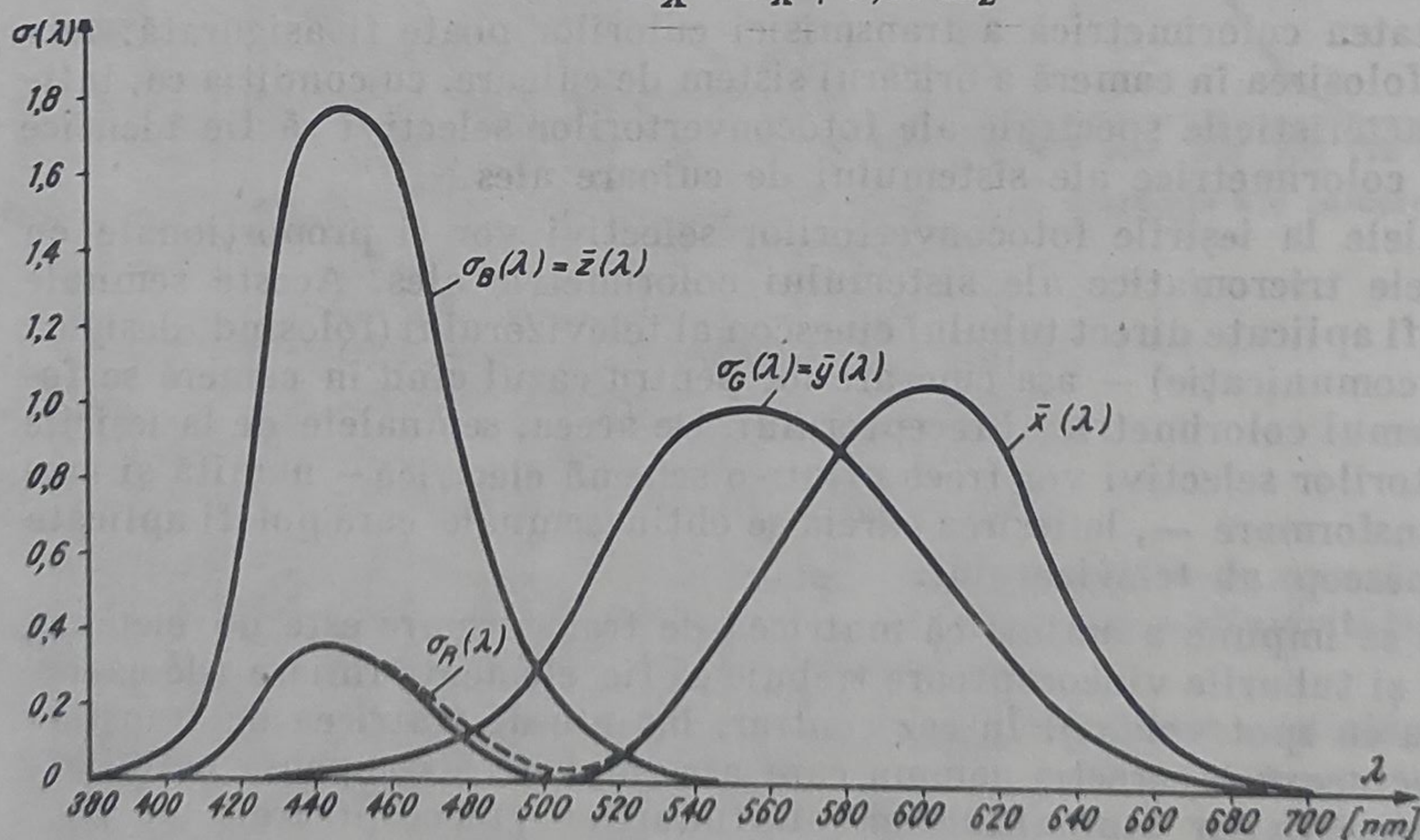


Fig. 5.9. Curbele caracteristicilor spectrale ale camerei, folosind sistemul colorimetric XYZ.

Reprezentînd în fig. 5.9 curba $\sigma_R(\lambda)$, se constată că aceasta este foarte apropiată de curba $\bar{x}(\lambda)$, adică:

$$\sigma_R(\lambda) = \bar{x}'(\lambda) + 0,19 \bar{z}(\lambda) \approx \bar{x}(\lambda) \quad (5.31)$$

Așadar, la intrarea matricei de transformare semnalele E_X , E_Y , E_Z poartă informația de culoare, reprezentată în sistemul XYZ. Pentru a obține semna-

lele E_R , E_G , E_B din semnalele E_X , E_Y , E_Z , este necesar să efectuăm o transformare colorimetrică din sistemul XYZ în sistemul RGB, conform rel. 5.26:

$$\begin{aligned} E_R &= 3,054 E_X - 1,389 E_Y - 0,474 E_Z \\ E_G &= -0,970 E_X + 1,878 E_Y + 0,042 E_Z \\ E_B &= 0,068 E_X - 0,229 E_Y + 1,070 E_Z \end{aligned}$$

Prin urmare, prin folosirea fotoconvertorilor selectivi cu caracteristici spectrale de forma loburilor principale ale curbelor $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ și prin o serie de procesări liniare, se obține o cameră de televiziune cu caracteristici spectrale aproape identice cu caracteristicile spectrale ideale (relația 5.26) și fig. 5.6).

b) În camera de televiziune se folosește un sistem colorimetric K ale cărui culori primare L , M , N , formează un triunghi LMN , în interiorul căruia se află toate culorile spectrale și cele purpurii (fig. 5.10).

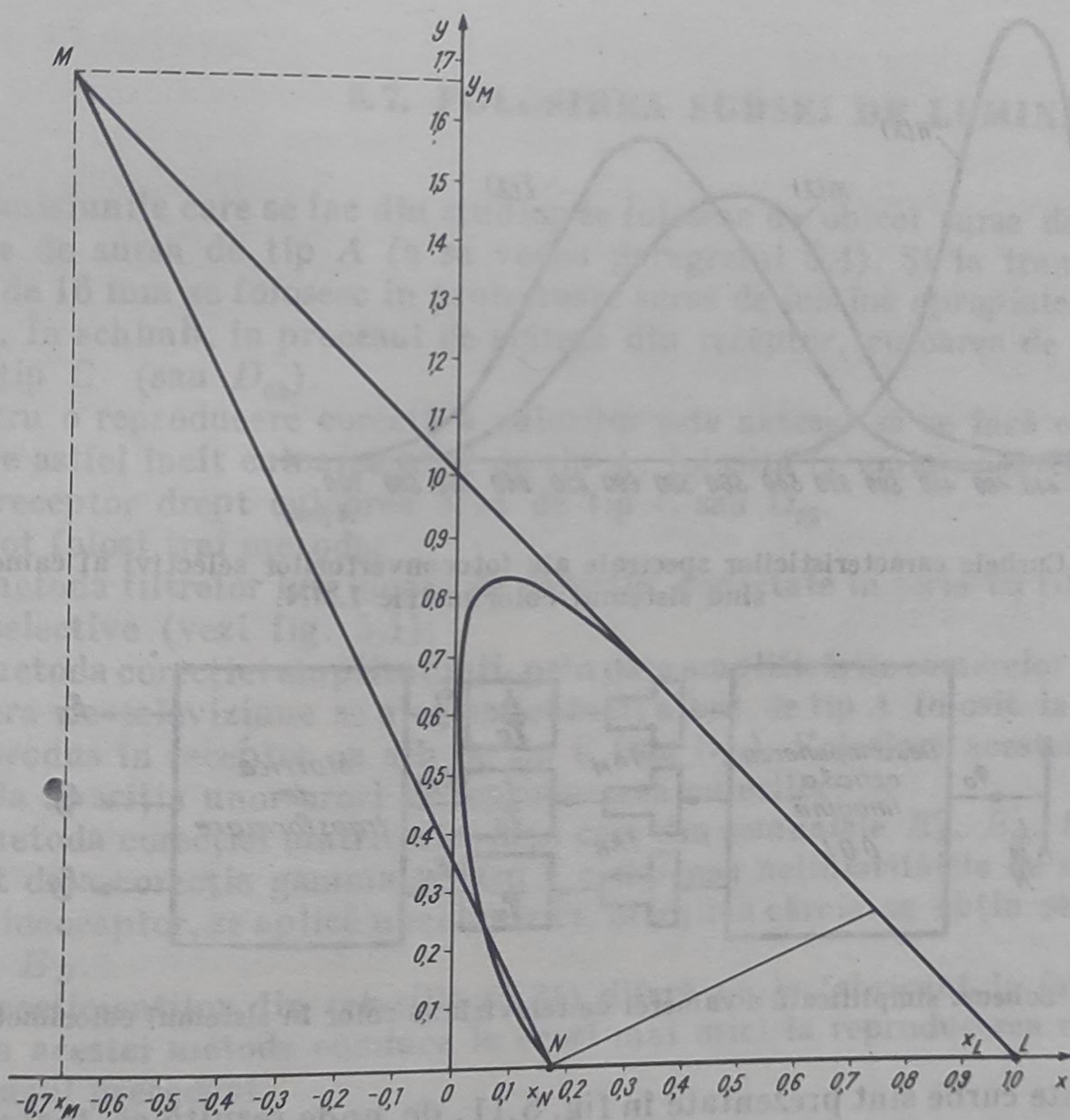


Fig. 5.10. Reprezentarea în planul xoy a triunghiului LMN folosit în camera de televiziune.

Coordonatele culorilor primare L , M , N , exprimate în sistemul colorimetric XYZ, sînt:

$$\begin{aligned} x_L &= 1; & y_L &= 0; & z_L &= 0 \\ x_M &= -0,667; & y_M &= 1,667; & z_M &= 0 \\ x_N &= 0,167; & y_N &= 0; & z_N &= 0,833 \end{aligned} \quad (5.33)$$

Dacă folosim albul de referință de tip D_{65} , se poate arăta că fidelitatea transmisiei culorilor este asigurată dacă caracteristicile spectrale ale fotoconvertoarelor selectivi vor fi identice cu curbele colorimetrice $\bar{l}(\lambda)$, $\bar{m}(\lambda)$, $\bar{n}(\lambda)$, care, la rândul lor, pot fi exprimate în funcție de curbele colorimetrice cunoscute $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$:

$$\begin{aligned}\sigma_R(\lambda) &= \bar{l}(\lambda) = 0,882 \bar{x}(\lambda) + 0,353 \bar{y}(\lambda) - 0,177 \bar{z}(\lambda) \\ \sigma_G(\lambda) &= \bar{m}(\lambda) = \bar{y}(\lambda) \\ \sigma_B(\lambda) &= \bar{n}(\lambda) = 0,919 \bar{z}(\lambda).\end{aligned}\quad (5.34)$$

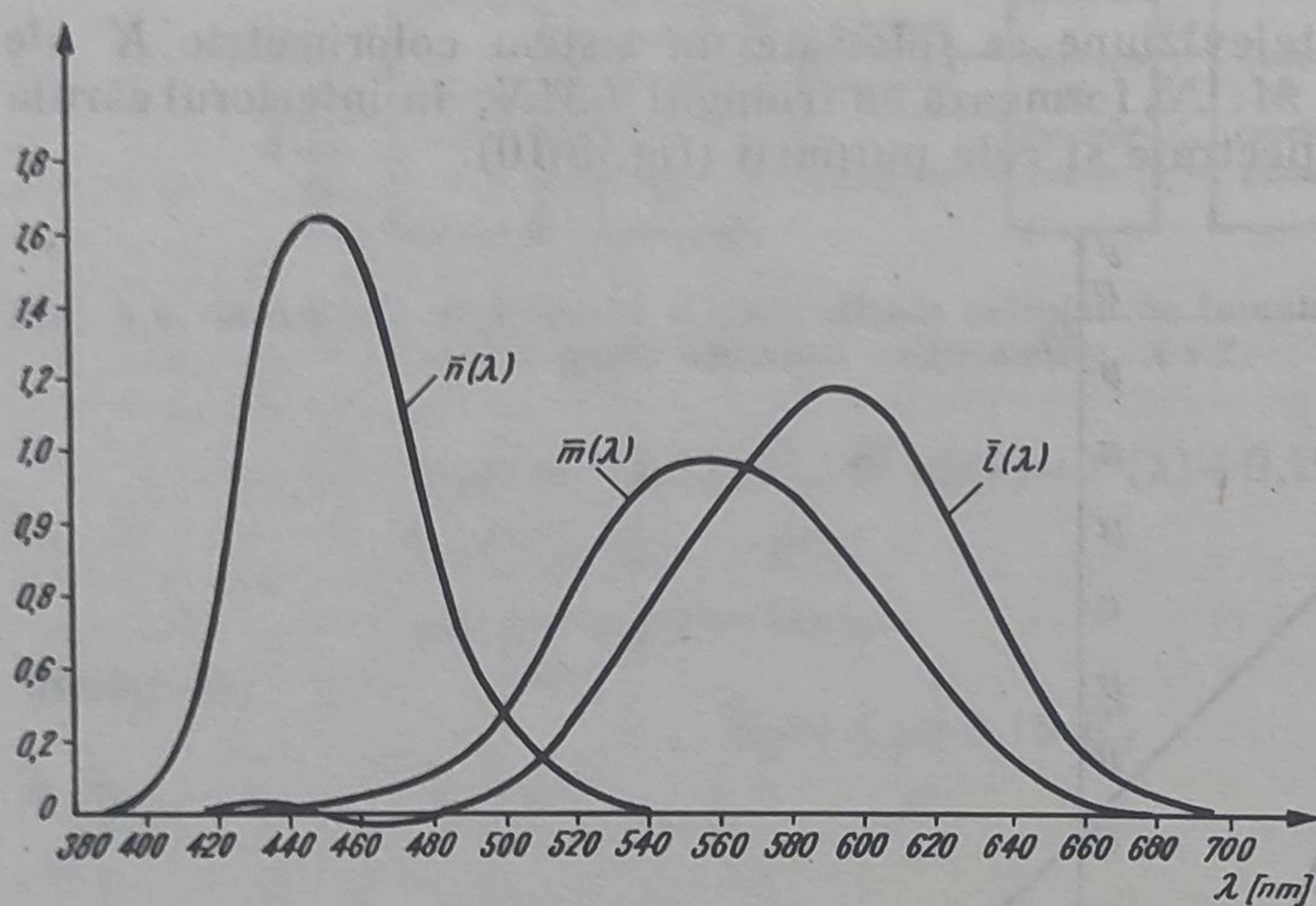


Fig. 5.11. Curbele caracteristicilor spectrale ale fotoconvertoarelor selectivi ai camerei, folosind sistemul colorimetric LMN.

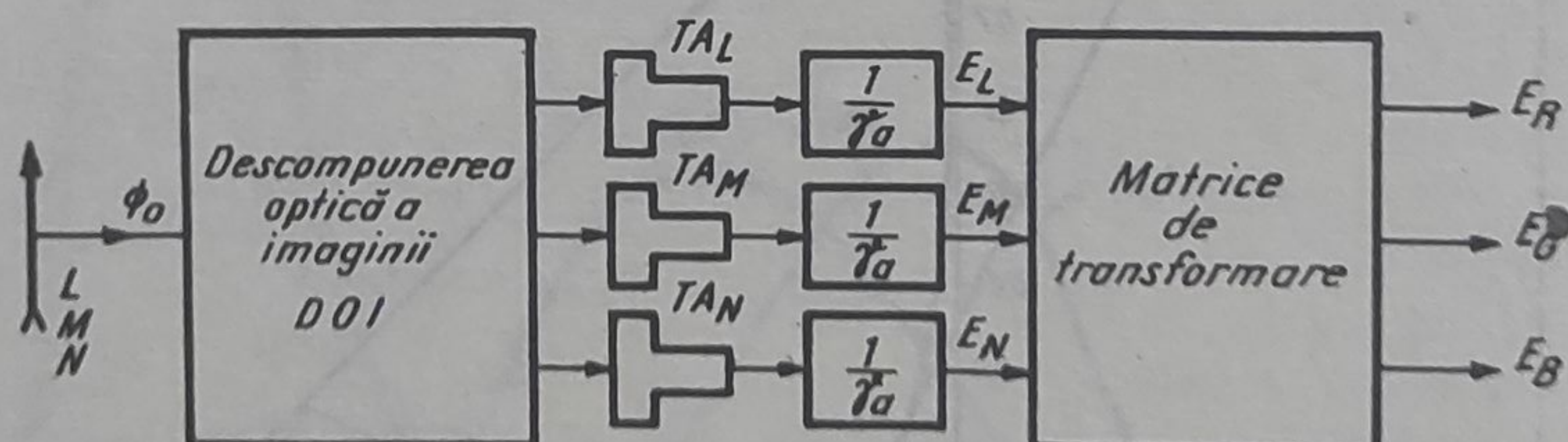


Fig. 5.12. Schema simplificată a camerei de televiziune color în sistemul colorimetric LMN.

Aceste curbe sînt prezentate în fig. 5.11, de unde rezultă că toate caracteristicile au doar cîte un lob pozitiv, ceea ce este ușor de realizat practic.

Schema camerei de televiziune în care pentru convertoarii selectivi se folosește sistemul colorimetric $K(LMN)$ este prezentată în fig. 5.12. Matricea de transformare trebuie să realizeze trecerea de la sistemul colorimetric $K(LMN)$ cu semnalele E_L , E_M , E_N la sistemul colorimetric al receptorului $S(RGB)$ cu semnalele E_R , E_G , E_B . Considerînd că receptorul este construit pe sistemul colorimetric european, se poate arăta că matricea de transformare trebuie să asigure obținerea semnalelor conform ecuațiilor:

$$\begin{aligned}
 E_R &= 3,460 E_L - 2,512 E_M + 0,150 E_N \\
 E_G &= -1,099 E_L + 2,265 E_M - 0,166 E_N \\
 E_B &= 0,077 E_L - 0,256 E_M + 1,179 E_N
 \end{aligned}
 \tag{5.35}$$

Curbele colorimetrice $\sigma_R(\lambda)$, $\sigma_G(\lambda)$, $\sigma_B(\lambda)$, la ieșirea matricei de transformare sînt foarte apropiate de cele ideale din fig. 5.6.

În ambele exemple analizate, culorile primare de referință pentru fotoconvertorii selectivi sînt culori nereale, ceea ce, de fapt, nu are importanță deoarece aceste culori nu se reproduc niciunde.

Cu toate că aceste sisteme se apropie de varianta optimă, la realizarea lor practică se întîmpină greutăți din cauza micșorării sensibilității la lumină a fotoconvertorilor selectivi ai camerei de televiziune. De asemenea, obținerea semnalelor E_R , E_G , E_B , implică scheme de matriciere destul de pretențioase.

5.7. FOLOSIREA SURSEI DE LUMINĂ TIP A

La emisiunile care se fac din studiou se folosesc de obicei surse de lumină apropiate de sursa de tip A (a se vedea paragraful 5.4). Și la transmiterea filmelor de 16 mm se folosesc în proiectoare surse de lumină apropiate de sursa de tip A. În schimb, în procesul de sinteză din receptor, culoarea de referință este de tip C (sau D_{65}).

Pentru o reproducere corectă a culorilor este necesar să se facă corecțiile de rigoare astfel încît culoarea albă de tip A, folosită la emisie, să fie reprodusă în receptor drept culoarea albă de tip C sau D_{65} .

Se pot folosi trei metode:

- metoda filtrelor luminoase de corecție, conectate în serie cu filtrele de lumină selective (vezi fig. 5.1);
 - metoda corecției amplitudinii, prin care amplificările camerelor R, G, B din camera de televiziune se aleg astfel încît albul de tip A folosit la emisie, să fie reprodus în receptor ca alb de tip C (sau D_{65}). Folosirea acestei metode conduce la apariția unor erori în reproducerea culorilor;
 - metoda corecției matriciale, prin care din semnalele E'_R , E'_G , E'_B , care au suferit deja corecția gamma pentru a compensa neliniaritățile de nivel ale tubului videocaptor, se aplică unei matrice, la ieșirea căreia se obțin semnalele E_R , E_G , E_B .
- Valorile coeficienților din relațiile (5.31) diferă de la fabricant la fabricant. Utilizarea acestei metode conduce la erori mai mici la reproducerea culorilor decît în cazul precedent.

Cum se poate realiza transmisia informației de culoare prin televiziune

6.1. NOȚIUNEA DE SISTEM DE TELEVIZIUNE ÎN CULORI

Din cele prezentate în capitolul 5 rezultă că la ieșirea camerei de televiziune se obțin trei semnale, E_R , E_G , și E_B , care conțin informațiile componentelor de roșu (R), verde (G) și albastru (B) ale culorii obiectului la un moment dat. Suma acestor trei semnale pe durata unui cadru de imagine conține toată informația asupra culorii obiectului.

În cazul cel mai general, noțiunea de „sistem de televiziune în culori” include totalitatea mijloacelor de transmitere electrică a imaginilor în culori și înglobează toată aparatura de televiziune de la obiect la telespectator. În acest fel, în structura unui sistem de televiziune în culori apar trei procese importante: procesul de analiză (camera de televiziune), procesul de transmisie de la emisie la recepție (canalul de comunicație) și procesul de sinteză (receptorul de televiziune).

De obicei, noțiunea de sistem de televiziune în culori se extinde doar la metoda de transmisie a semnalelor de la emisie la recepție, astfel încât orice nou procedeu de transmisie determină denumirea unui nou sistem de televiziune în culori. Au fost descoperite și puse la punct o mulțime de procedee de formare și transmisie a semnalului de televiziune în culori, dar pentru televiziunea radiodifuzată au fost reținute doar trei sisteme, cunoscute sub denumirea de NTSC, PAL și SECAM. Aceste sisteme se deosebesc prin metoda de modulație a frecvenței subpurtătoare a semnalului de crominanță care trebuie transmis în bandă de frecvență a semnalului de luminanță.

Sistemele de televiziune în culori pot fi grupate în două categorii:

- sisteme simultane, în care semnalele corespunzătoare culorilor fundamentale se transmit simultan spre receptor prin canalul de comunicație;
- sisteme secvențiale, în care semnalele corespunzătoare culorilor fundamentale se transmit secvențial spre receptor prin canalul de comunicație.

Din punctul de vedere al metodei de transmisie a informației de culoare, sistemele de televiziune în culori NTSC și PAL sînt sisteme simultane, deoarece informația de culoare este conținută, într-o formă sau alta, în același timp în semnalul care se transmite; sistemul SECAM este un sistem simultan-secvențial, deoarece o informație (cea de strălucire) se transmite în mod continuu,

iar alte două informații (de cromaticitate) se transmit secvențial (din linie în linie).

Mai trebuie să amintim că un sistem de televiziune în culori, folosit în televiziunea radiodifuzată, trebuie să fie compatibil cu sistemul de televiziune alb-negru, aflat în exploatare în țara respectivă. Din acest punct de vedere, sistemele de televiziune în culori NTSC, PAL și SECAM sînt sisteme compatibile (detalii în paragraful 6.4).

6.2. SISTEME SIMULTANE DE TELEVIZIUNE ÎN CULORI

În decursul timpului au fost propuse o serie de sisteme de televiziune în culori care au la bază ideea transmiterii simultane a informațiilor corespunzătoare culorilor fundamentale.

Vom examina în continuare structura unui sistem de televiziune în culori, în care principiul simultaneității este folosit în toate cele trei procese ale sistemului: procesul de analiză, procesul de transmisie de la emisie la recepție și procesul de sinteză. Un asemenea sistem este, evident, un sistem complet simultan.

În fig. 6.1 este prezentată schema structurală a părții de emisie. Transformarea imaginii optice în semnale electrice are loc în camera de televiziune, a cărei structură a fost analizată în paragraful 5.1. Semnalele obținute la ieșirile celor trei tuburi analizoare de imagine sînt amplificate cu ajutorul a trei amplificatoare video (de fapt, aceste amplificatoare fac parte din cameră). Cele trei semnale E_R , E_G , și E_B au benzile de frecvență egale cu frecvența maximă a semnalului de imagine și anume $\Delta f_R = \Delta f_G = \Delta f_B = 6,5 \text{ MHz}$ (a se vedea paragraful 1.6). Pentru ca cele trei semnale să poată fi transmise cu

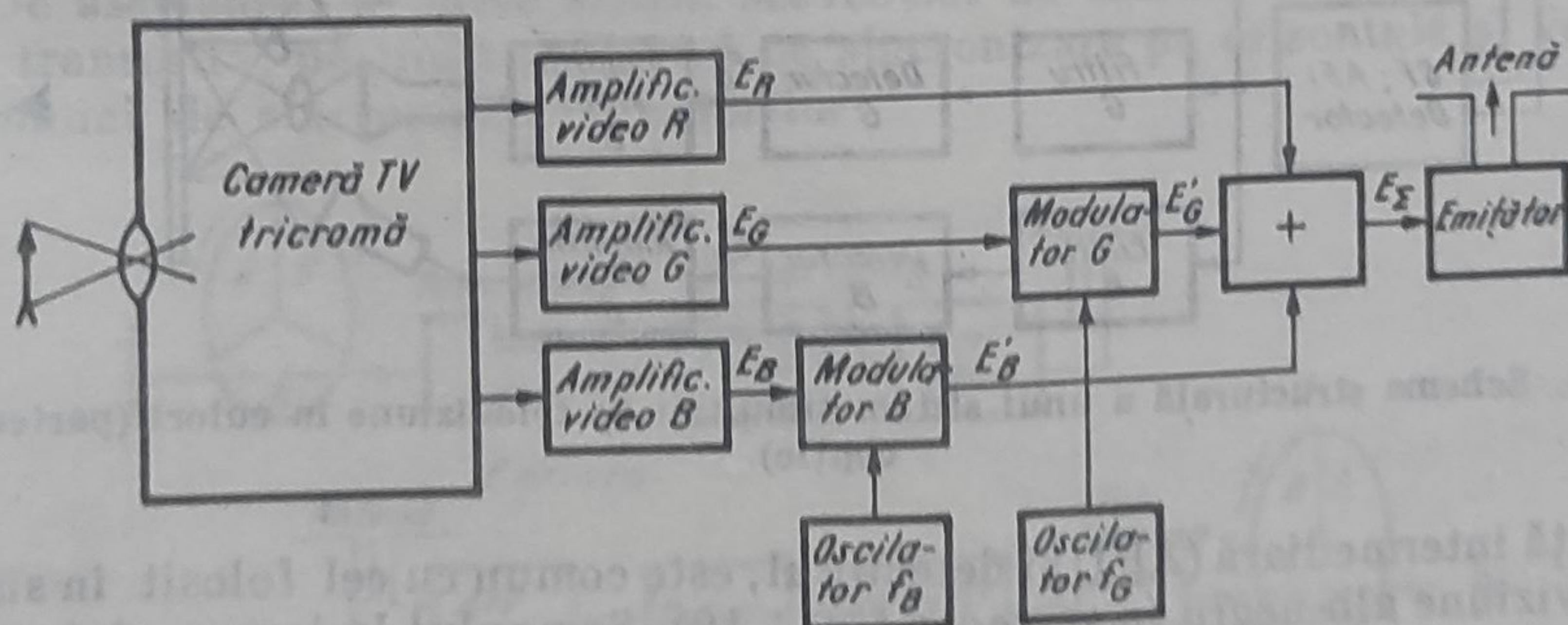


Fig. 6.1. Schema structurală a unui sistem simultan de televiziune în culori (partea de emisie).

ajutorul unui singur emițător, este necesar ca benzile de frecvență ale semnalelor E_R , E_G și E_B să se așeze în ordine crescătoare, avînd grijă ca între ele să lăsăm cîte un spațiu liber Δf_e , de circa 0,5 MHz fiecare, pentru a le putea apoi separa în receptor (fig. 6.2). Această operație se poate realiza prin folosirea a două modulatatoare pe canalele E_G și E_B și a două oscilatoare de subpurtătoare f_G și f_B . În urma modulării, se obțin semnalele E'_G și E'_B transpuse fiecare în jurul frecvențelor subpurtătoare f_G , respectiv, f_B .

Semnalele E_R , E'_G și E'_B se sumează într-un sumator, după care semnalul obținut E_Σ se aplică la intrarea emițătorului, unde semnalul E_Σ se emite pe lungimea de undă a emițătorului.

În fig. 6.3 este prezentată structura receptorului folosit în sistemul simultan de transmisie a culorilor. Blocul de intrare, care cuprinde amplificatorul de înaltă frecvență (AIF), schimbătorul de frecvență (SF), amplificatorul de

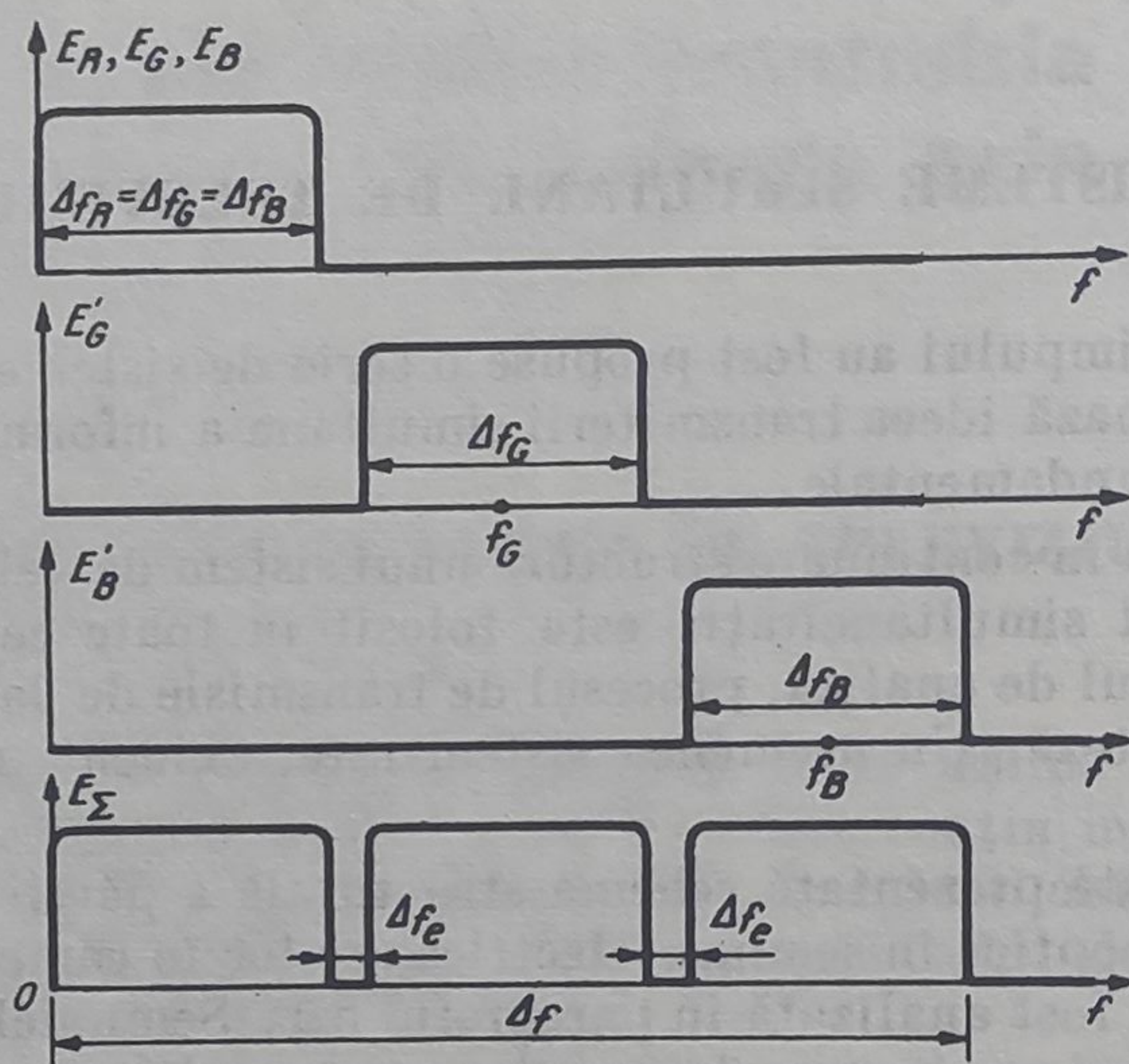


Fig. 6.2. Structura spectrelor semnalelor într-un sistem simultan de televiziune în culori.

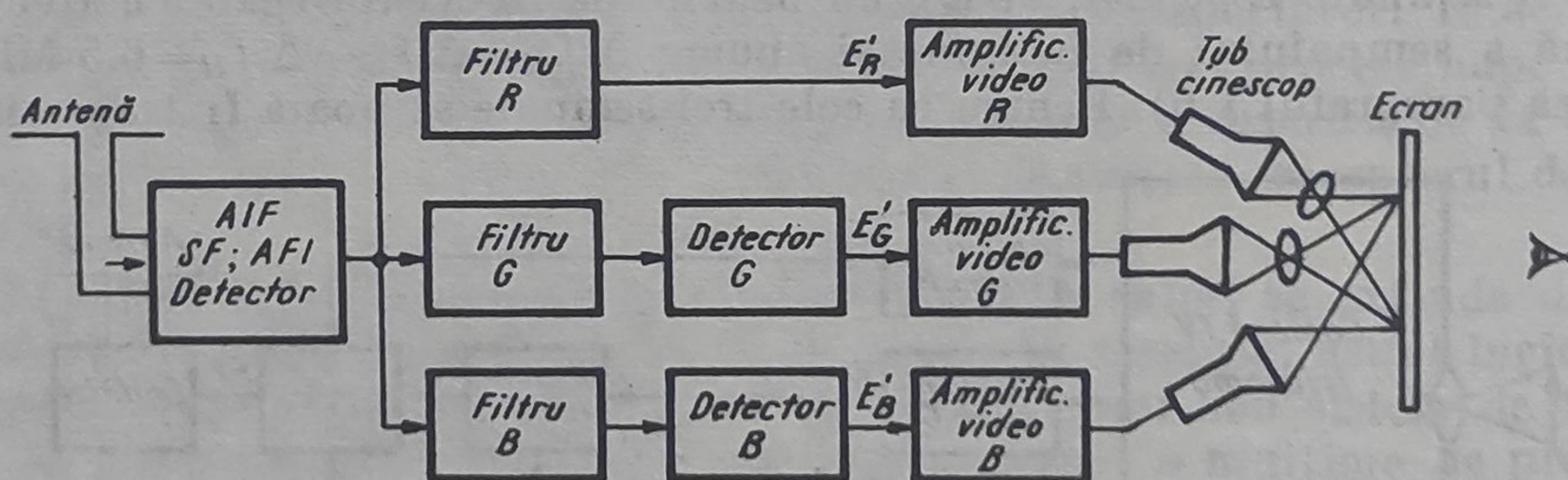


Fig. 6.3. Schema structurală a unui sistem simultan de televiziune în culori (partea de recepție).

frecvență intermediară (AFI) și detectorul, este comun cu cel folosit în sistemul de televiziune alb-negru (a se vedea fig. 1.19). Semnalul la ieșirea detectorului are structura semnalului E_Σ din fig. 6.2. Cele trei benzi de frecvență ale semnalului E_Σ se separă cu ajutorul a trei filtre.

Prin folosirea detectorului în canalele G și B se obține transpunerea spectrelor semnalelor E_R și E_G în domeniul video. Semnalele E'_R , E'_G și E'_B sînt amplificate pentru a putea comanda cele trei tuburi cinescop, corespunzătoare culorilor fundamentale R , G , B . Imaginile obținute pe cele trei tuburi cinescop se proiectează simultan pe un ecran de sticlă mată, pe care telespectatorul urmărește imaginea transmisă.

Întrucît frecvențele de linii și cadre ale baleiajelor camerei de televiziune și ale receptorului sînt identice cu cele folosite în televiziunea alb-negru, se poate

spune că sistemul prezentat este compatibil cu sistemul de televiziune alb-negru. În schimb, din punctul de vedere al benzilor de frecvență cele două sisteme nu mai sînt compatibile. Din cele prezentate, rezultă că banda de frecvență a canalului de transmisie în sistemul de televiziune în culori trebuie să fie egală cu $\Delta f = 20,5 \text{ MHz}$, adică de peste trei ori mai mare decît banda de frecvență ocupată de semnalul transmis printr-un sistem de televiziune alb-negru. Aceasta ar însemna construirea altor emițătoare și ocuparea unor benzi de frecvență mai mari, ceea ce este neeconomic. În același timp, posesorii de televizoare alb-negru nu vor putea recepționa în alb-negru programele color, iar posesorii de televizoare în culori nu vor putea recepționa în alb-negru programele în alb-negru. În paragraful 6.4 se vor discuta în detaliu aceste probleme, arătîndu-se și metodele de rezolvare a problemei compatibilității sistemelor de televiziune color și alb-negru.

6.3. SISTEME SECVENȚIALE DE TELEVIZIUNE ÎN CULORI

Se disting două tipuri de sisteme secvențiale de televiziune în culori:

- sisteme complet secvențiale, în care principiul secvențial este folosit în toate cele trei procese ale sistemului: procesul de analiză, procesul de transmisie și procesul de sinteză;

- sisteme parțial secvențiale, în care procesul de transmisie are la bază principiul secvențial de transmitere a informațiilor de culoare.

Orice sistem secvențial de televiziune în culori se bazează pe proprietatea fiziologică a ochiului de remanență pe rețină a imaginilor luminoase. Dacă frecvența de alternare a semnalelor de culoare este suficient de mare, atunci reproducerea culorilor se va face corect, obținînd senzația de continuitate.

De asemenea, în orice sistem secvențial de televiziune în culori trebuie să se transmită, pe lîngă semnalul de sincronizare pe orizontală și verticală, un semnal de sincronizare a culorilor.

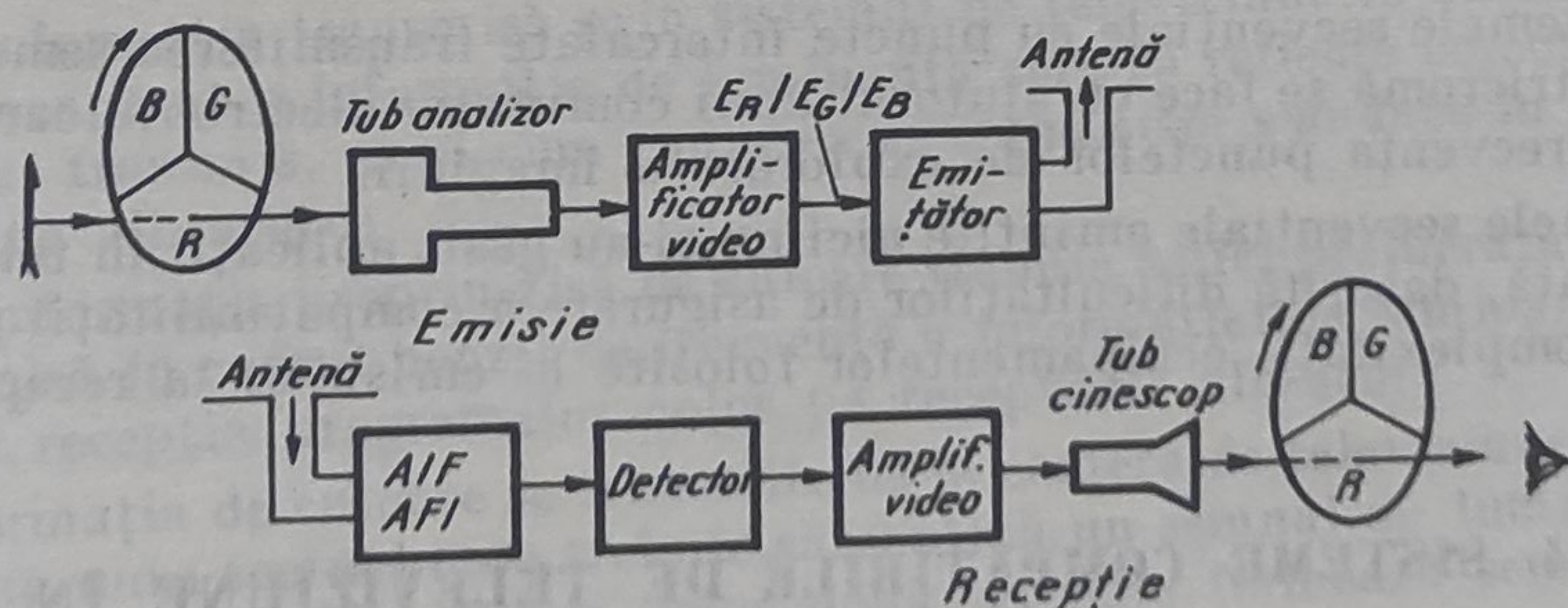


Fig. 6.4. Schema structurală a unui sistem complet secvențial de televiziune în culori.

În fig. 6.4, este prezentată structura unui sistem complet secvențial. În fața tubului analizor (videocaptor) și a celui sintetizor (cinescop) este dispus câte un disc, care se rotește sincron cu frecvența cîmpurilor (50 Hz). Pe fiecare disc sînt dispuse trei filtre selective la roșu (R), verde (G) și albastru (B). Așadar, în intervalul de timp de $\frac{1}{50} \text{ s.}$, obiectul a fost explorat de trei ori: odată

cu filtru roșu, a doua oară cu filtru verde și a treia oară cu filtru albastru. Dacă se folosește baleiajul întretesut, explorarea, transmiterea și sinteza completă a unei imagini se face în două cîmpuri: în primul cîmp se transmit cîmpuri impare ale semnalelor E_R , E_G , E_B , iar în cîmpul al doilea se transmit cîmpurile pare ale semnalelor E_R , E_G , E_B .

Semnalul obținut la ieșirea tubului analizor este amplificat și apoi transmis la recepție prin intermediul unui emițător. La recepție semnalul suferă aceleași prelucrări ca într-un receptor alb-negru, inclusiv tubul reproducător este un tub cinescop obținut pentru imagini alb-negru.

Pe ecranul cinescopului sînt reproduse succesiv informațiile de culoare roșie, verde și albastră din imaginea transmisă. Observatorul vede imaginea de pe ecranul cinescopului prin intermediul unui disc cu filtre, similar cu cel de la emisie. Acest disc se rotește sincron și sinfazic cu discul din fața tubului analizor de la emisie (adică, cînd fasciculul luminos trece prin filtrul roșu spre tubul analizor, în fața ecranului tubului cinescop se află, de asemenea, filtrul roșu al discului). Datorită remanenței pe retină a imaginilor parțiale, corespunzătoare informațiilor de roșu, verde și albastru, și datorită vitezei de rotație a discurilor, suficient de mare, ochiul percepe imaginea în culori.

În cadrul sistemelor parțial secvențiale de televiziune în culori pot fi incluse și acele sisteme în care analiza și sinteza imaginilor se face simultan, dar transmisia se face secvențial. Din categoria acestora, cele mai cunoscute sînt sistemele secvențiale pe linii și sistemele secvențiale cu puncte intercalate.

În sistemele secvențiale pe linii, semnalele obținute la ieșirea unei camere de televiziune tricrome (ca cea din fig. 5.1) se transmit în canal, succesiv, trecînd printr-un comutator electronic: în timpul primei linii se transmite semnalul de roșu, în timpul celei de a doua linii se transmite semnalul de verde și în timpul celei de a treia linii se trimite semnalul de albastru, după care ciclul se repetă. În receptor, semnalele succesive pot fi distribuite în aceeași ordine cu ajutorul unui comutator electronic, la cele trei tuburi cinescop. Este evident că, pentru funcționarea corectă a sistemului, cele două comutatoare electronice — de la emisie și de la recepție — trebuie să funcționeze sincron.

În sistemele secvențiale cu puncte intercalate transmiterea semnalelor de la camera tricromă se face cu ajutorul unui comutator electronic care funcționează cu frecvența punctelor de explorare a imaginii.

Sistemele secvențiale amintite aici nu și-au găsit aplicații în televiziunea radiodifuzată, datorită dificultăților de asigurare a compatibilității precum și datorită complexității echipamentelor folosite la emisie și la recepție.

6.4. SISTEME COMPATIBILE DE TELEVIZIUNE ÎN CULORI

Sistemul de televiziune în culori, folosit în televiziunea radiodifuzată, trebuie să satisfacă o serie de condiții, care, de obicei, sînt contradictorii. Enumerăm condițiile principale:

- calitatea superioară a reproducerilor culorilor;
- simplitatea relativă a receptorului de televiziune;
- transmiterea semnalelor de culoare în banda de frecvență folosită în televiziunea alb-negru;

- compatibilitatea sistemului de televiziune în culori cu sistemul de televiziune alb-negru;
- stabilitatea la perturbații;
- posibilitatea de dezvoltare a sistemului de televiziune în culori păstrind principiile lui de bază.

În continuare ne vom referi doar la acele condiții care conduc la elaborarea unui sistem compatibil de televiziune în culori.

PROBLEMA COMPATIBILITĂȚII

La nașterea sa, televiziunea în culori se afla, în fața unei surori deja mare, în unele țări, maturizată chiar, cu numele de televiziunea alb-negru. Era normal ca, cei ce aveau sarcina să se ocupe de formarea și introducerea ei în lume trebuiau, în același timp, să țină seama și de vasta structură de care beneficia televiziunea alb-negru. În patrimoniul acesteia din urmă se afla un număr apreciabil de televizoare alb-negru și o vastă rețea de transmisie (emițătoare, linii de radiorelee, etc.) Acest patrimoniu trebuia păstrat și folosit, cel puțin o anumită perioadă, și după introducerea televiziunii în culori.

Prin urmare, un sistem de televiziune în culori trebuie să fie compatibil cu sistemul de televiziune alb-negru, aflat în exploatare în țara respectivă. Aceasta înseamnă:

- posibilitatea de a recepționa în alb-negru programele color pe receptoarele actuale alb-negru, fără modificarea lor;
- posibilitatea de a recepționa în alb-negru pe televizoarele în culori, programele transmise în alb-negru;
- utilizarea canalelor de comunicație (emițătoare, linii de radiorelee, etc.) existente pentru televiziunea alb-negru la transmiterea programelor de televiziune în culori.

Din aceste condiții rezultă că:

- normele de bază ale sistemului de televiziune în culori trebuie să fie identice cu cele ale sistemului de televiziune alb-negru;
- informația transmisă prin sistemul de televiziune în culori trebuie să conțină neapărat o informație de luminanță care să reflecte corect strălucirea obiectului transmis, ca și cum captarea și transmisia s-ar face în sistemul de televiziune alb-negru;
- informația propriu-zisă de culoare trebuie astfel prelucrată ca să poată fi transmisă în cadrul benzii de frecvență a informației de luminanță și să nu perturbe recepția programelor color pe receptorul alb-negru.

Informația de culoare se transmite de la camera de televiziune la receptor sub forma unui semnal care trebuie să conțină un semnal de luminanță și un semnal de crominanță. Suma celor două semnale formează semnalul video complex de culoare.

Pentru satisfacerea condiției de compatibilitate este necesar ca perturbațiile care apar în canalul de culoare să nu influențeze asupra strălucirii imaginii reproduse, ci doar asupra cromaticității ei. Aceasta este, de fapt, principiul luminanței constante. Experimental s-a arătat că, în acest caz, perturbația este mai puțin vizibilă, deoarece ochiul este mai sensibil la modificarea strălucirii pe porțiuni mici decât la modificarea cromaticității. Din punct de vedere colorimetric, condiția respectării acestui principiu constă în aceea că, semna-

lul de luminanță trebuie să conțină toată luminanța culorii și nu trebuie să conțină informația despre cromaticitatea culorii. De asemenea, semnalul purtător de culoare nu trebuie să conțină informația asupra luminanței culorii.

SEMNALUL DE LUMINANȚĂ

Așa cum s-a arătat în cap. 4, componenta tricromatică Y conține toată informația de strălucire a culorii, în timp ce celelalte componente X și Z conțin doar informația cromatică a culorii. În raport cu culorile primare de sinteză R_S, G_S, B_S , determinate de rel. (5.2) și cu culoarea albă de referință C , semnalul Y se determină din rel. (5.3):

$$Y = 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B \quad (6.1)$$

Pentru simplificarea notațiilor, în loc de R_S, G_S, B_S s-a pus, respectiv, R, G, B .

Semnificația ecuației (6.1) este următoarea. Culoarea albă de referință C se obține dacă amestecăm fluxurile luminoase ale celor trei culori de sinteză alese în raportul (lucru dovedit și experimental):

$$\Phi_{[R]} : \Phi_{[G]} : \Phi_{[B]} = 1 : 1,96 : 0,38 \quad (6.2)$$

În același raport trebuie să se afle și strălucirile culorilor de sinteză alese:

$$L_{[R]} : L_{[G]} : L_{[B]} = 1 : 1,96 : 0,38 \quad (6.3)$$

Dacă considerăm drept unități de măsură pentru culorile de sinteză alese strălucirile: $L_{[R]} = 1 \text{ cd/m}^2$; $L_{[G]} = 1,96 \text{ cd/m}^2$ și $L_{[B]} = 0,38 \text{ cd/m}^2$ atunci strălucirea albului de referință C , obținut, prin amestecul acestor culori unitare, este egală cu $L_0 = L_{[R]} + L_{[G]} + L_{[B]} = 1 + 1,96 + 0,38 = 3,344 \text{ cd/m}^2$.

Deci, pentru a obține albul de referință C de strălucire 1 cd/m^2 , trebuie ca strălucirile celor trei culori de sinteză alese să fie egale cu:

$$\begin{aligned} L_{[R]} &= \frac{1}{3,344} L_0 = 0,299 L_0 \\ L_{[G]} &= \frac{1,96}{3,344} L_0 = 0,587 L_0 \\ L_{[B]} &= \frac{0,38}{3,344} L_0 = 0,114 L_0, \end{aligned} \quad (6.4)$$

adică tocmai coeficienții din relația (6.1). Deci, acești coeficienți reprezintă strălucirile relative ale culorilor de sinteză R_S, G_S, B_S , amestecul cărora dă culoarea albă de referință C .

Vom arăta printr-un exemplu că ecuația (6.1) reprezintă strălucirea unei culori C în raport cu strălucirea albului de referință:

Considerăm că albul de referință are strălucirea $L_0 = 10 \text{ cd/m}^2$. Conform rel. (6.4) strălucirile unităților de măsură ale culorilor de sinteză sînt egale cu:

$$\begin{aligned} L_{[R]} &= 0,299 L_0 = 0,299 \cdot 10 = 2,99 \text{ cd/m}^2 \\ L_{[G]} &= 0,587 L_0 = 0,587 \cdot 10 = 5,87 \text{ cd/m}^2 \\ L_{[B]} &= 0,114 L_0 = 0,114 \cdot 10 = 1,14 \text{ cd/m}^2 \end{aligned} \quad (6.5)$$

$$\text{Deci,} \quad L_0 = L_{[R]} + L_{[G]} + L_{[B]} \quad (6.6)$$

Notăm cu L_R , L_G și L_B , strălucirile culorilor de sinteză, amestecul cărora ne dă culoarea C de strălucire L_C . De exemplu, dacă $L_R=1,5 \text{ cd/m}^2$, $L_G=2,5 \text{ cd/m}^2$, $L_B=1 \text{ cd/m}^2$, atunci strălucirea culorii C este:

$$L_C = L_R + L_G + L_B = 1,5 + 2,5 + 1 = 5 \text{ cd/m}^2 \quad (6.7)$$

Conform definiției, coordonatele tricromatice ale culorii C sînt:

$$R_S = \frac{L_R}{L_{[R]}} = \frac{1,5}{2,99} = 0,5; \quad G_S = \frac{L_G}{L_{[G]}} = \frac{2,5}{5,87} = 0,42; \quad (6.8)$$

$$B_S = \frac{L_B}{L_{[B]}} = \frac{1}{1,14} = 0,88.$$

Ținînd seama de rel. (6.5), (6.7) și (6.8), relația 6.1 se scrie:

$$\begin{aligned} Y &= \frac{L_{[R]}}{L_0} \cdot \frac{L_R}{L_{[R]}} + \frac{L_{[G]}}{L_0} \cdot \frac{L_G}{L_{[G]}} + \frac{L_{[B]}}{L_0} \cdot \frac{L_B}{L_{[B]}} = \frac{L_R + L_G + L_B}{L_0} = \\ &= \frac{L_C}{L_0} = \frac{5}{10} = 0,5 \end{aligned} \quad (6.9)$$

Similar cu rel. (5.17) putem scrie

$$Y = dE_Y, \quad (6.10)$$

în care E_Y este semnalul de luminanță, corespunzător informației de strălucire.

Ținînd seama de ec. (5.15) și că $d_R = d_G = d_B = d$, ecuația (6.1) se scrie:

$$Y = d(0,299 E_R + 0,587 E_G + 0,114 E_B) = dE_Y.$$

Deci

$$E_Y = 0,299 E_R + 0,587 E_G + 0,114 E_B \quad (6.10)$$

În continuare vom folosi următoarea ecuație:

$$E_Y = 0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B \quad (6.11)$$

SEMNALELE DIFERENȚĂ DE CULOARE

Întrucît semnalul E_Y de luminanță conține toată informația de strălucire a culorii, este indicat să fie exclusă această componentă din semnalele de culoare E_R , E_G , E_B . Prin aceasta se respectă și principiul luminanței constante. În urma acestei operații iau naștere semnalele diferență de culoare:

$$\begin{aligned} E_{R-Y} &= E_R - E_Y = 0,7 E_R - 0,59 E_G - 0,11 E_B \\ E_{G-Y} &= E_G - E_Y = -0,3 E_R + 0,41 E_G - 0,11 E_B \\ E_{B-Y} &= E_B - E_Y = -0,3 E_R - 0,59 E_G + 0,89 E_B \end{aligned} \quad (6.12)$$

Indiferent ce sistem colorimetric se folosește în camera de televiziune (de obicei se folosesc culorile primare ale standardului european SE — vezi paragraful 5.6), semnalele E_R , E_G , E_B la ieșirea camerei se aleg egale pentru culoarea albă de referință, lucru ușor de realizat prin alegerea amplificării în cele trei canale de obținere a acestor semnale. În general, pentru orice culoare acromatică (treptele tonale de la negru la alb) avem satisfăcută relația:

$$E_R = E_G = E_B \quad (6.13)$$

Cu condiția (6.13) relațiile (6.12) devin:

$$E_{R-Y} = E_{G-Y} = E_{B-Y} = 0, \quad (6.14)$$

adică semnalele purtătoare de culoare sînt nule și, deci, nu au nici o influență la recepția imaginilor în alb-negru, atît pe televizorul alb-negru cît și pe cel color. În schimb, semnalul de luminanță E_Y va avea o amplitudine corespunzătoare nivelului de gri transmis. De pildă, pentru albul de referință, cînd $E_R = E_G = E_B = 1$, avem $E_Y = 1$ (amplitudinea maximă).

Așa cum se va arăta în continuare, studiind semnalele barelor color, valorile extreme ale semnalelor diferență de culoare sînt:

$$(E_{R-Y})_{\max}^{\min} = \pm 0,7; (E_{G-Y})_{\max}^{\min} = \pm 0,41; (E_{B-Y})_{\max}^{\min} = \pm 0,89 \quad (6.15)$$

Rezultă de aici că semnalul E_{G-Y} are valoarea vîrf-vîrf minimă din cele trei semnale diferență de culoare.

Din relațiile (6.11) și (6.12) avem:

$$E_{G-Y} = -0,51 E_{R-Y} - 0,19 E_{B-Y}, \quad (6.16)$$

Relații similare se pot obține și pentru E_{R-Y} și E_{B-Y} . Aceasta arată că în canal nu sînt necesare toate trei semnalele E_{R-Y} , E_{G-Y} , E_{B-Y} , deoarece unul se poate obține din celelalte.

La alegerea celor două semnale pentru a fi transmise, s-a ținut seama de următoarele:

- semnalul E_{G-Y} are valoarea vîrf-vîrf cea mai mică din cele trei semnale diferență de culoare, ceea ce înseamnă că este cel mai expus la perturbații;

- așa cum au arătat experiențele, la transmiterea semnalelor E_{R-Y} și E_{B-Y} , ochiul este mai puțin sensibil la distorsiunile de nuanță decît în cazul transmiterii combinațiilor E_{R-Y} , E_{G-Y} sau E_{G-Y} , E_{B-Y} .

Din aceste considerente, toate sistemele actuale de televiziune în culori folosesc semnalul E_Y și semnalele E_{R-Y} și E_{B-Y} , într-o formă sau alta.

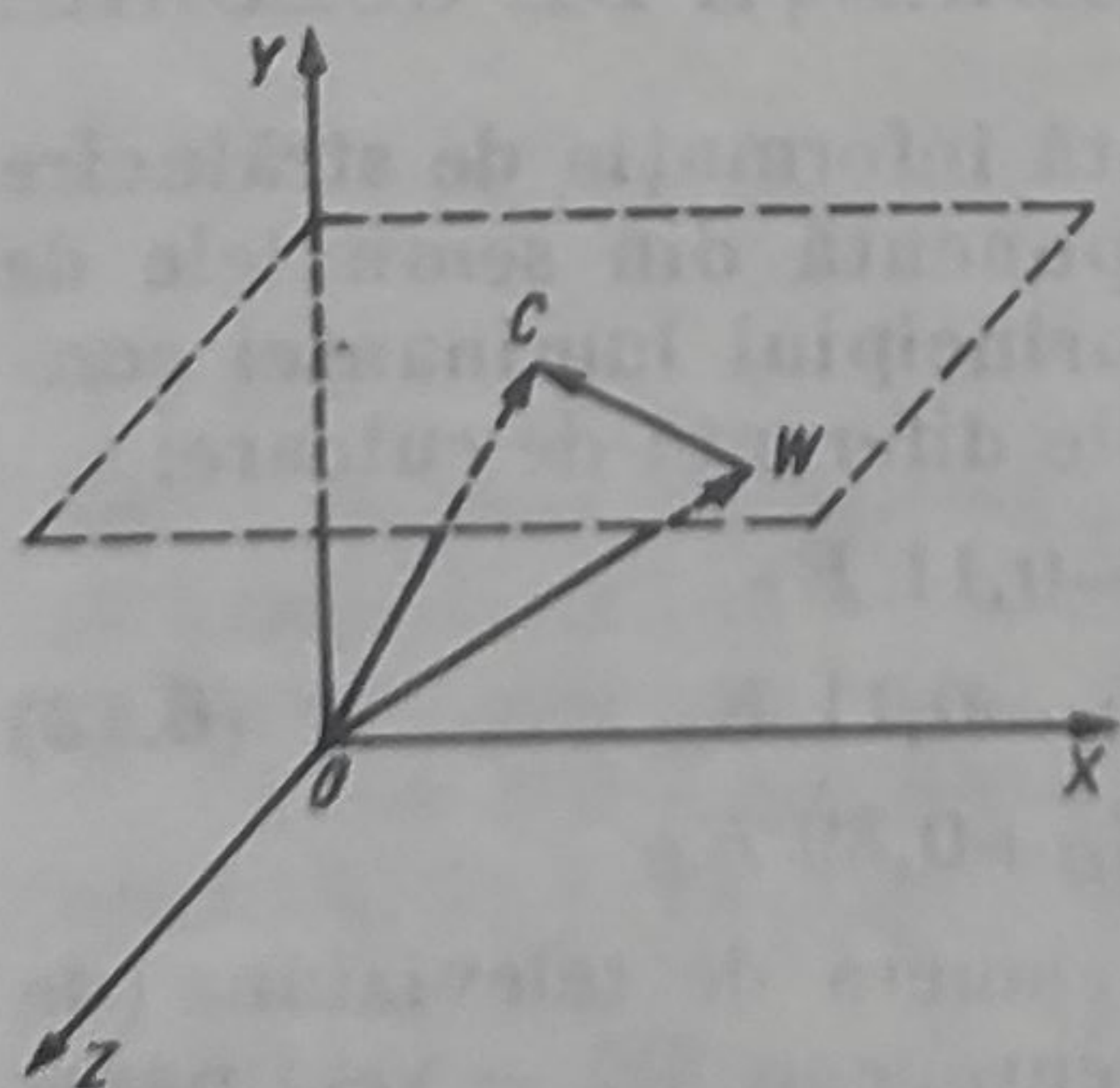


Fig. 6.5. Determinarea vectorului de cromaticitate în spațiul de culoare XYZ.

NOTIUNEA DE CROMINANȚĂ

Prin cromaticitate se înțelege diferența colorimetrică dintre o culoare dată C și o culoare albă de referință W de aceeași luminanță cu culoarea C. Această noțiune se poate explica mai ușor folosind reprezentarea culorii în spațiu XYZ (fig. 6.5). Culcrile C și W sînt reprezentate prin vectorii \vec{OC} și \vec{OW} , respectiv.

Așa cum s-a arătat componenta Y conține toată informația de luminanță a culorii; deci, toate suprafețele paralele cu suprafața XOZ sînt de luminanță constantă. Pentru ca luminanțele culorilor C și W să fie aceleași, acestea trebuie să se afle pe suprafața de luminanță constantă, deci și vectorul \vec{WC} se află pe această suprafață. Vectorul \vec{WC} reprezintă crominanța culorii C , deoarece:

$$\vec{WC} = \vec{OC} - \vec{OW}$$

Se observă că, odată cu creșterea luminanței culorilor C și W , suprafața de luminanță se ridică de-a lungul axei OY , deci și crominanța culorii crește (crește lungimea vectorului \vec{WC}). De asemenea prin creșterea saturației culorii C , ceea ce înseamnă îndepărtarea vectorului \vec{OC} de vectorul \vec{OW} , crominanța culorii crește.

Avînd în vedere noțiunea de crominanță introdusă, este ușor de înțeles de ce semnalele diferență de culoare E_{R-Y} , E_{G-Y} și E_{B-Y} se numesc semnale video de crominanță.

REPREZENTAREA SEMNALELOR DE LUMINANȚĂ ȘI CROMINANȚĂ ÎN SISTEMUL COLORIMETRIC XYZ

În analogie cu alte sisteme colorimetrice studiate (cum au fost cele ale receptorului și ale camerei), sistemul colorimetric format din componentele Y , $R-Y$ și $B-Y$ reprezintă un triunghi în planul xy al sistemului colorimetric XYZ .

Pentru a determina coordonatele acestui triunghi, apelăm la rel. (5.3), din care aflăm R , G , B în funcție de XYZ , după care obținem:

$$R-Y = 1,91 X - 1,53 Y - 0,29 Z \quad (6.17)$$

$$B-Y = 0,06 X - 1,12 Y - 0,90 Z.$$

punînd condițiile:

pentru culoarea $R-Y \rightarrow R-Y=1, Y=0, B-Y=0$

și pentru culoarea $B-Y \rightarrow R-Y=0, Y=0, B-Y=1$,
obținem componentele tricromatice ale acestor două culori:

$$X_{R-Y} = 0,52; Y_{R-Y} = 0; Z_{R-Y} = -0,033$$

$$X_{B-Y} = 0,17; Y_{B-Y} = 0; Z_{B-Y} = 1,11.$$

Folosind rel. (4.4), determinăm coordonatele tricromatice ale culorilor $R-Y$, Y și $B-Y$ în sistemul XYZ :

$$x_{R-Y} = 1,07; y_{R-Y} = 0; z_{R-Y} = -0,07; \quad (6.18)$$

$$x_Y = 0,31; y_Y = 0,312; z_Y = 0,37$$

$$x_{B-Y} = 0,13; y_{B-Y} = 0; z_{B-Y} = 0,87.$$

Din rel. (6.18) rezultă că cromaticitățile culorilor de crominanță $R-Y$ și $B-Y$ se găsesc pe axa ox , adică nu conțin nici o informație despre strălu-

cire, în timp ce culoarea Y de luminanță Y conține toată informația de strălucire. Așa cum era de așteptat, coordonatele tricromatice ale culorii Y sînt egale cu coordonatele tricromatice ale culorii albe de referință C .

În fig. 6.6 sînt reprezentate triunghiul culorilor de referință ale canalului de transmisie $R-Y$, Y , $B-Y$ și axele acestui sistem colorimetric pe diagrama de cromaticitate xoy . Se poate arăta că punctele $R-Y$ și $B-Y$ se determină ca intersecția laturilor GR , GB ale triunghiului colorimetric al receptorului, cu axa ox .

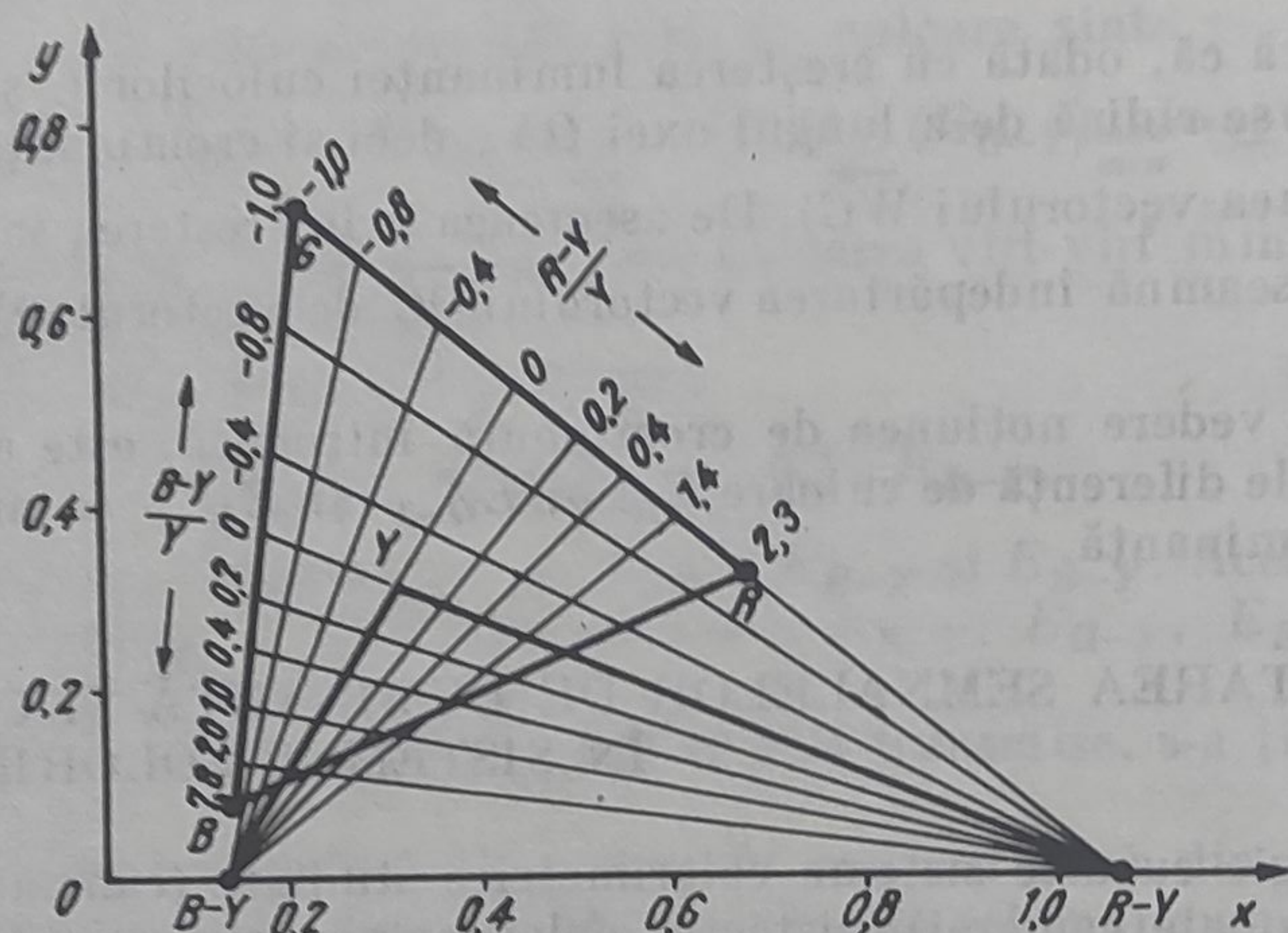


Fig. 6.6. Reprezentarea triunghiului culorilor Y , $R-Y$, $B-Y$ în sistemul xoy și a dreptelor $\frac{R-Y}{Y} = \text{const.}$, $\frac{B-Y}{Y} = \text{const.}$

Din fig. 6.6 rezultă că toate culorile din interiorul triunghiului $R-Y$, și $B-Y$ pot fi transmise cu ajutorul mărimilor pozitive, pe cînd cele din afara acestui triunghi se transmit cu mărimi negative la unul sau două semnale de cromaticitate. Fizic, pot fi reproduse doar culorile din interiorul triunghiului receptorului.

Întrucît raporturile $R-Y/Y$ și $B-Y/Y$ rămîn constante la variația luminanței Y , rezultă că aceste două mărimi caracterizează numai cromaticitatea culorii transmise. Se poate arăta că coordonatele tricromatice x , y ale unei culori în funcție de $R-Y/Y$ și $B-Y/Y$ se determină din relația:

$$x = \frac{0,31 + 0,16 \frac{R-Y}{Y} + 0,05 \frac{B-Y}{Y}}{1 + 0,15 \frac{R-Y}{Y} + 0,4 \frac{B-Y}{Y}} \quad (6.19)$$

$$y = \frac{0,316}{1 + 0,15 \frac{R-Y}{Y} + 0,4 \frac{B-Y}{Y}}$$

Calculînd x și y obținem două familii de drepte ce pornesc din punctele $R-Y$ și $B-Y$ (fig. 6.6). Cromaticitatea se determină ca intersecția a două linii corespunzătoare ce pleacă din vîrfurile $R-Y$ și $B-Y$. Polaritățile sem-

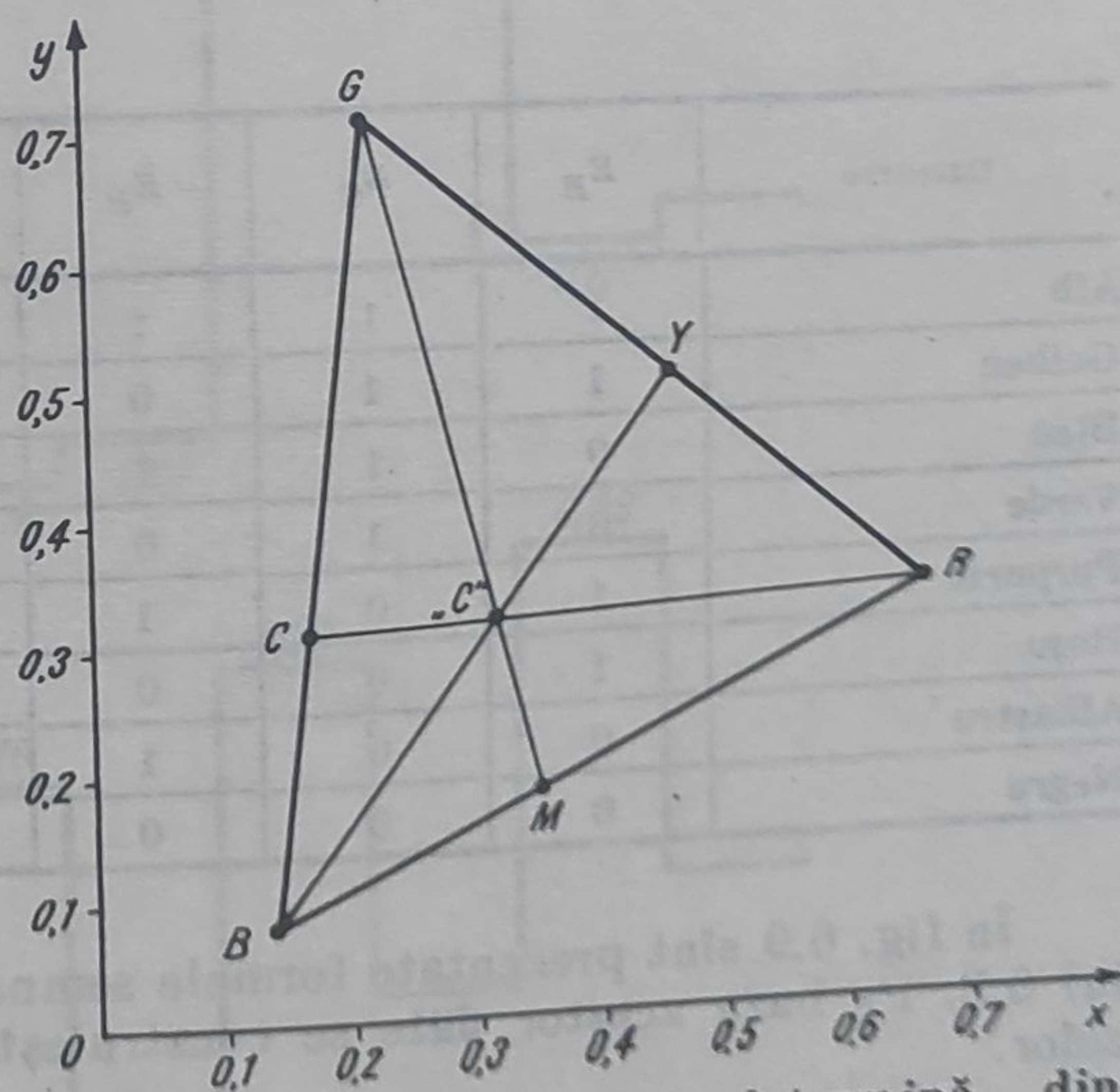
nalelor de cromaticitate $R-Y$ și $B-Y$ depind de locul de amplasare a culorii pe diagramă, în timp ce polaritatea semnalului de luminanță Y este aceeași pentru toate culorile transmise.

SEMNALELE DE LUMINANȚĂ ȘI CROMINANȚĂ PENTRU BARELE COLOR

Pentru calculul parametrilor și pentru reglarea aparaturii lanțului de televiziune se folosește un semnal de probă care creează pe ecranul tubului cinescop o imagine sub formă de bare verticale color și două acromatice — alb și negru (fig. 6.7 vezi planșe color).

Culorile celor șase bare color sînt: culorile primare ale receptorului, roșu (R), verde (G), albastru (B) și culorile lor complementare, turcoaz (C), purpuriu (M), galben (Y). Culoarea turcoaz (se cunoaște și sub denumirea de cian, bleu) se obține din amestecul de verde cu albastru, culoarea purpurie (se cunoaște și sub denumirea de magenta, mov) se obține din amestecul de roșu cu albastru, iar culoarea galben (în engleză yellow) se obține din amestecul de roșu cu verde. În fig. 6.8 este prezentat triunghiul culorilor primare ale receptorului R, G, B (standardul SA) și culorile complementare C, M, Y , dispuse pe laturile triunghiului RGB . Culorile complementare C, M, Y , se obțin prin intersecția dreptelor $R-C$, $G-M$, $B-Y$, cu laturile triunghiului RGB . Este evident că culoarea albă de referință „ C ” se obține fie prin amestecul celor trei culori primare R, G, B , fie prin amestecul celor trei culori complementare C, M, Y , fie prin amestecul a cîte două culori: roșu cu turcoaz, verde cu purpuriu și albastru cu galben.

Fig. 6.8. Reprezentarea culorilor primare și complementare în sistemul xoy .



Coordonatele x, y ale culorilor complementare se determină din relațiile:

$$x = \frac{L_1' \frac{x_1}{y_1} + L_2' \frac{x_2}{y_2}}{\frac{L_1'}{y_1} + \frac{L_2'}{y_2}} ; y = \frac{L_1' + L_2'}{\frac{L_1'}{y_1} + \frac{L_2'}{y_2}} \quad (6.20)$$

în care L'_1 și L'_2 sînt strălucirile relative ale celor două culori care iau parte la amestec (adică strălucirile culorilor primare $L'_R=0,30$; $L'_G=0,59$; $L'_B=0,11$), iar (x_1, y_1) și (x_2, y_2) sînt coordonatele tricromatice ale celor două culori care iau parte la amestec. Rezultatul calculului este dat în tabelul 6.1.

Tabelul 6.1

Culorile amestecate	Culoarea rezultată	x_1	y_1	x_2	y_2	L'_1	L'_2	x	y
$B+G$	Bleu (C)	0,14	0,08	0,21	0,71	0,11	0,59	0,17	0,31
$R+B$	Purpuriu (M)	0,67	0,33	0,14	0,08	0,30	0,11	0,35	0,18
$R+G$	Galben (Y)	0,67	0,33	0,21	0,71	0,30	0,59	0,45	0,51

Pentru a obține culoarea albă de referință „C” de strălucire maximă este necesar ca semnalele culorilor primare E_R , E_G , E_B să fie egale și să aibă strălucirea maximă. Pentru calcule este comod să se aleagă această mărime maximă egală cu 1.

Deci, din relațiile (6.11) și (6.12) obținem:

pentru $E_R=E_G=E_B=1$, obținem $E_Y=1$, $E_{R-Y}=E_{B-Y}=0$.

Luînd drept referință valorile $E_R=E_G=E_B=1$, calculăm cu relațiile (6.11) și (6.12) valorile semnalului de luminanță E_Y și ale semnalelor diferență de culoare E_{R-Y} și E_{B-Y} . Rezultatul unui asemenea calcul este dat în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2

Culoarea	E_R	E_G	E_B	E_Y	E_{R-Y}	E_{B-Y}
Alb	1	1	1	1	0	0
Galben	1	1	0	0,89	0,11	-0,89
Bleu	0	1	1	0,70	-0,70	0,30
Verde	0	1	0	0,59	-0,59	-0,59
Purpuriu	1	0	1	0,41	0,59	0,59
Roșu	1	0	0	0,30	0,70	-0,30
Albastru	0	0	1	0,11	-0,11	-0,89
Negru	0	0	0	0	0	0

În fig. 6.9 sînt prezentate formele semnalelor, conform datelor din tabelul 6.2. Pe baza acestor date se construiește generatorul electronic de bare color.

Aici este cazul să precizăm că mira cu bare color, generată conform datelor din tabelul 6.2, produce culori cu saturație maximă (100%) și strălucire maximă (100%), corespunzătoare strălucirii maxime a albului de referință „C”. Mira prezentată este o miră cu bare color ideale, deoarece, așa cum s-a mai arătat, asemenea culori se întîlnesc foarte rar în natură. De aceea s-a căutat să se introducă o miră cu bare color care să corespundă cel mai bine realității.

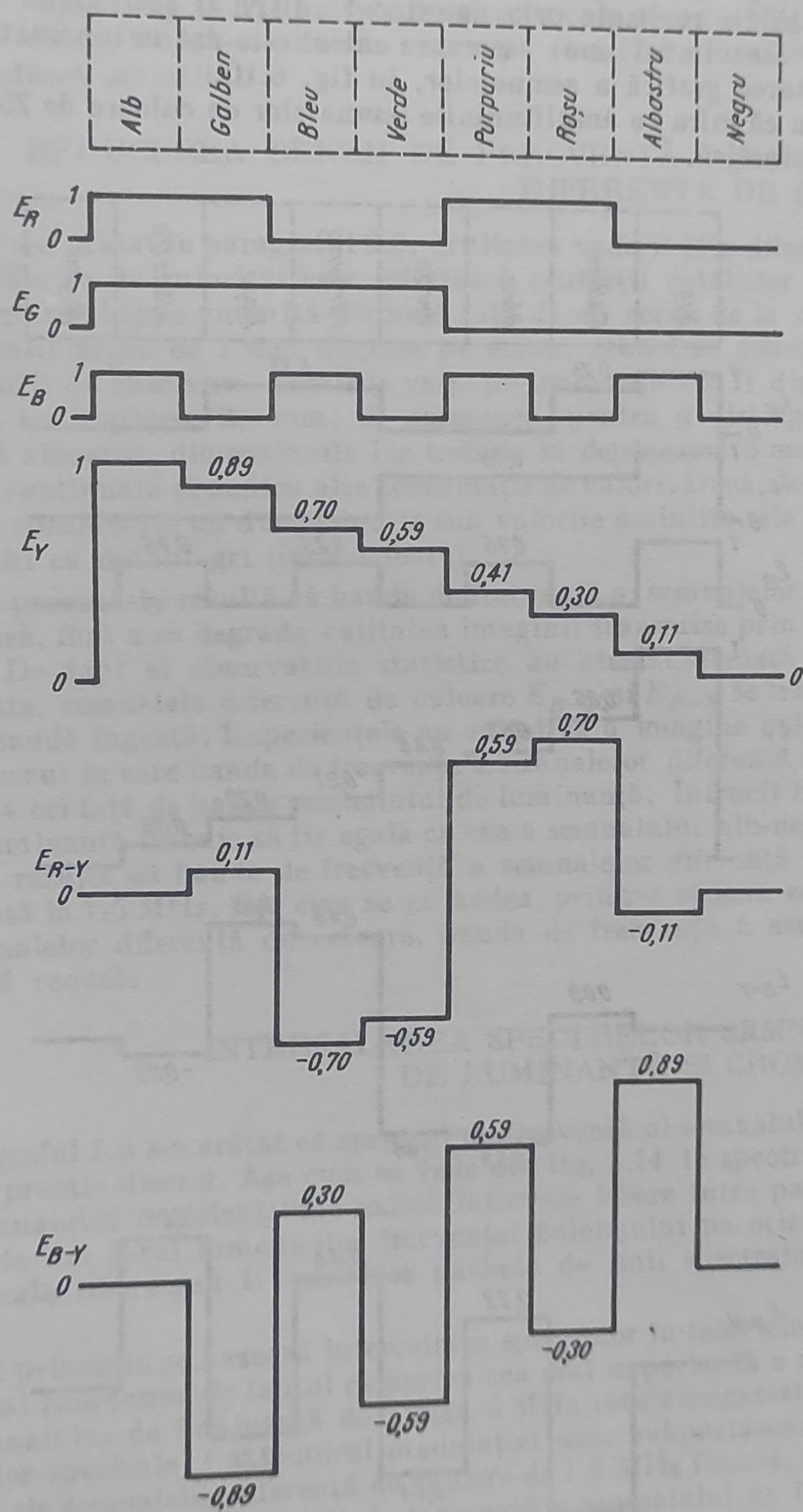


Fig. 6.9. Formarea semnalelor pentru mla de control cu amplitudine de 100%.

ții. Studiile au condus la definirea unei mire normalizate (standardizată) de bare color. Pentru realizarea unei asemenea mire, s-a convenit ca albul de strălucire maximă (albul de referință „C”) să se obțină pentru $E_R=E_G=E_B=1$, iar culorile să fie realizate prin amestecul aditiv al semnalelor $E_R=E_G=E_B=0,75$. Rezultatul unui asemenea calcul este dat în tabelul 6.3 (p. 111), iar reprezentarea grafică a semnalelor, în fig. 6.10.

Precizăm că mira cu amplitudinile semnalelor de culoare de 75% este cea utilizată în practică.

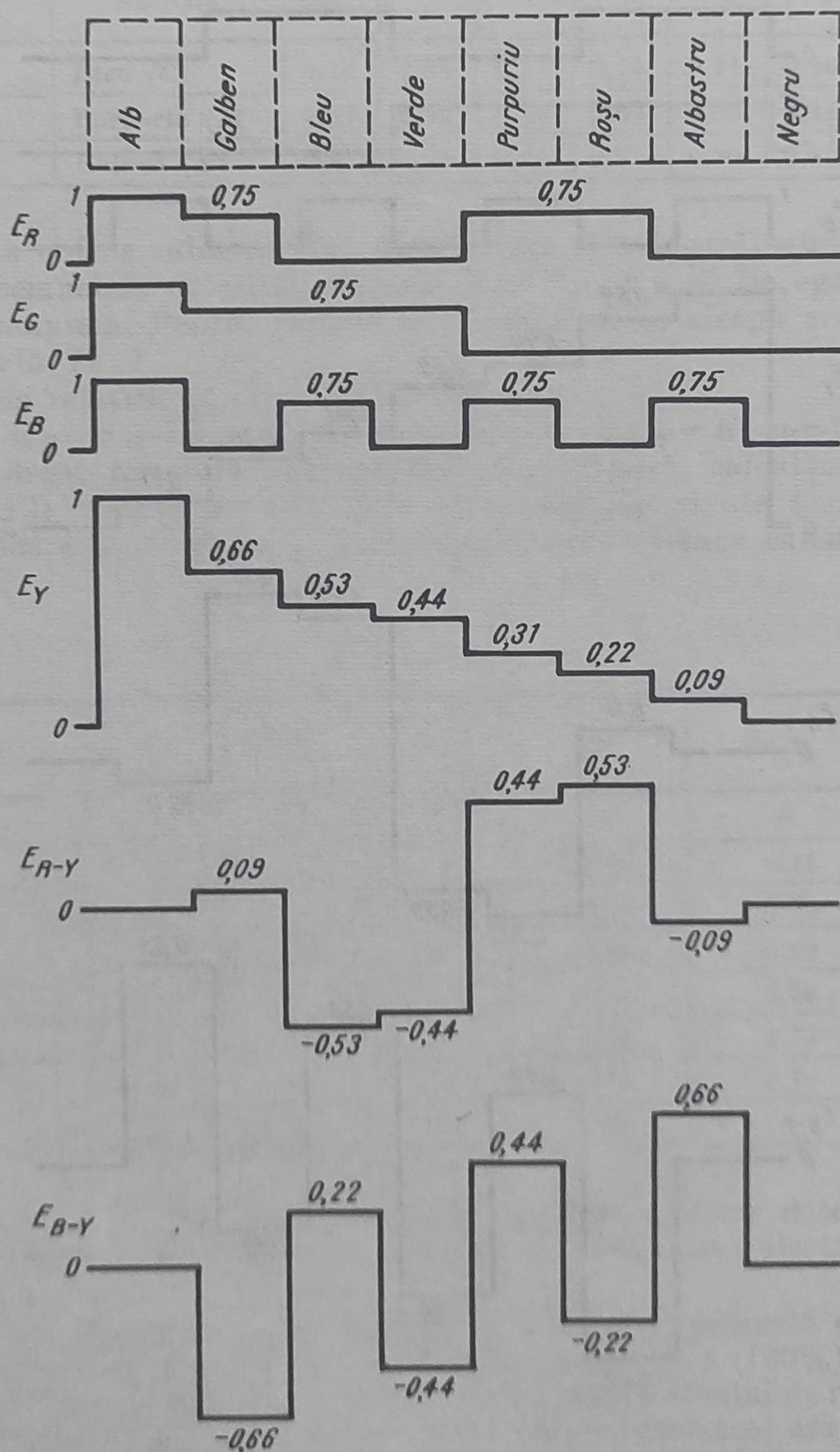


Fig. 6.10. Formarea semnalelor pentru mira de control cu amplitudine de 75%.

Sucesiunea de la stînga la dreapta a barelor color nu este întîmplătoare. Ea urmărește ordinea descrescătoare a strălucirii relative, așa cum rezultă din caracteristica de vizibilitate relativă (fig. 2.5).

Semnalele E_R , E_{R-Y} și E_{B-Y} sînt identice cu cele care se obțin dacă în fața camerei videocaptoare s-ar plasa un carton pe care sînt desenate opt benzi dispuse în ordinea amintită.

REDUCEREA BENZII DE FRECVENȚĂ A SEMNALELOR DIFERENȚĂ DE CULOARE

Așa cum s-a arătat în paragraful 2.6, acuitatea vederii este diferită pentru combinații diferite de culori și este inferioară acuității detaliilor alb-negru. De aceea, dacă se alege o anumită distanță față de un ecran de la care se disting clar detalii negre de 1 mm dispuse pe ecran, atunci se constată că, în aceleași condiții de observare, detaliile verzi pe fond roșu vor fi distinse dacă dimensiunile lor depășesc 2,5 mm; de asemenea, pentru a distinge detaliile verzi pe fond albastru, dimensiunile lor trebuie să depășească 5 mm. Experiența poate fi continuată și pentru alte combinații de culori. Dacă, totuși, detaliile colorate considerate au dimensiunile sub valorile amintite, ele vor fi percepute de ochi ca detalii gri (fără culoare).

Din cele prezentate rezultă că banda de frecvență a semnalelor de culoare poate fi redusă, fără a se degrada calitatea imaginii transmise prin canalul de televiziune. De fapt și observațiile statistice au atestat această concluzie. Pentru aceasta, semnalele diferență de culoare E_{R-Y} și E_{B-Y} se transmit spre receptor cu bandă îngustă. Experiențele au arătat că o imagine color bună se obține și în cazul în care banda de frecvență a semnalelor diferență de culoare se reduce de 4 ori față de banda semnalului de luminanță. Întrucît banda semnalului de luminanță trebuie să fie egală cu cea a semnalului alb-negru, adică de 6,0 MHz, rezultă că banda de frecvență a semnalelor diferență de culoare poate fi redusă la 1,5 MHz. Așa cum se va vedea, printr-o alegere corespunzătoare a semnalelor diferență de culoare, banda de frecvență a acestora mai poate fi încă redusă.

INTERCALAREA SPECTRELOR SEMNALELOR DE LUMINANȚĂ ȘI CROMINANȚĂ

În paragraful 1.5 s-a arătat că spectrul de frecvență al semnalului de televiziune este practic discret. Așa cum se vede din fig. 1.14 în spectrul de frecvență al semnalului de televiziune există intervale libere între pachetele de linii spectrale din jurul armonicilor frecvenței baleiajului pe orizontală. În aceste intervale libere pot fi introduse pachete de linii spectrale ale altor informații.

Pe acest principiu se bazează intercalarea spectrelor în televiziunea în culori. Se mai ține seama de faptul că partea cea mai importantă a energiei în spectrul semnalului de luminanță de bandă 6 MHz este concentrată în jurul componentelor spectrale. Cu ajutorul modulației unor subpurtătoare, benzile de frecvență ale semnalelor diferență de culoare de 1,5 MHz fiecare, se translatează în partea superioară a benzii de frecvență a semnalului de luminanță. Printr-o alegere corespunzătoare a valorilor frecvențelor subpurtătoare, benzile de frecvență ale semnalelor diferență de culoare pot fi amplasate în intervalele

libere din partea superioară a spectrului de frecvență a semnalului de luminanță (fig. 6.11).

În acest fel, semnalele de luminanță și diferență de culoare vor ocupa aceeași bandă de frecvență ca și în televiziunea alb-negru.

La recepție, prin demodulare se obțin din nou semnale diferență de culoare.

În sistemele actuale de televiziune se folosește o anumită metodă de modulare a subpurtoarei. Metodele de modulare utilizate vor fi studiate în capitolele ce vor trata sistemele de televiziune actuale. Amintim doar că, în

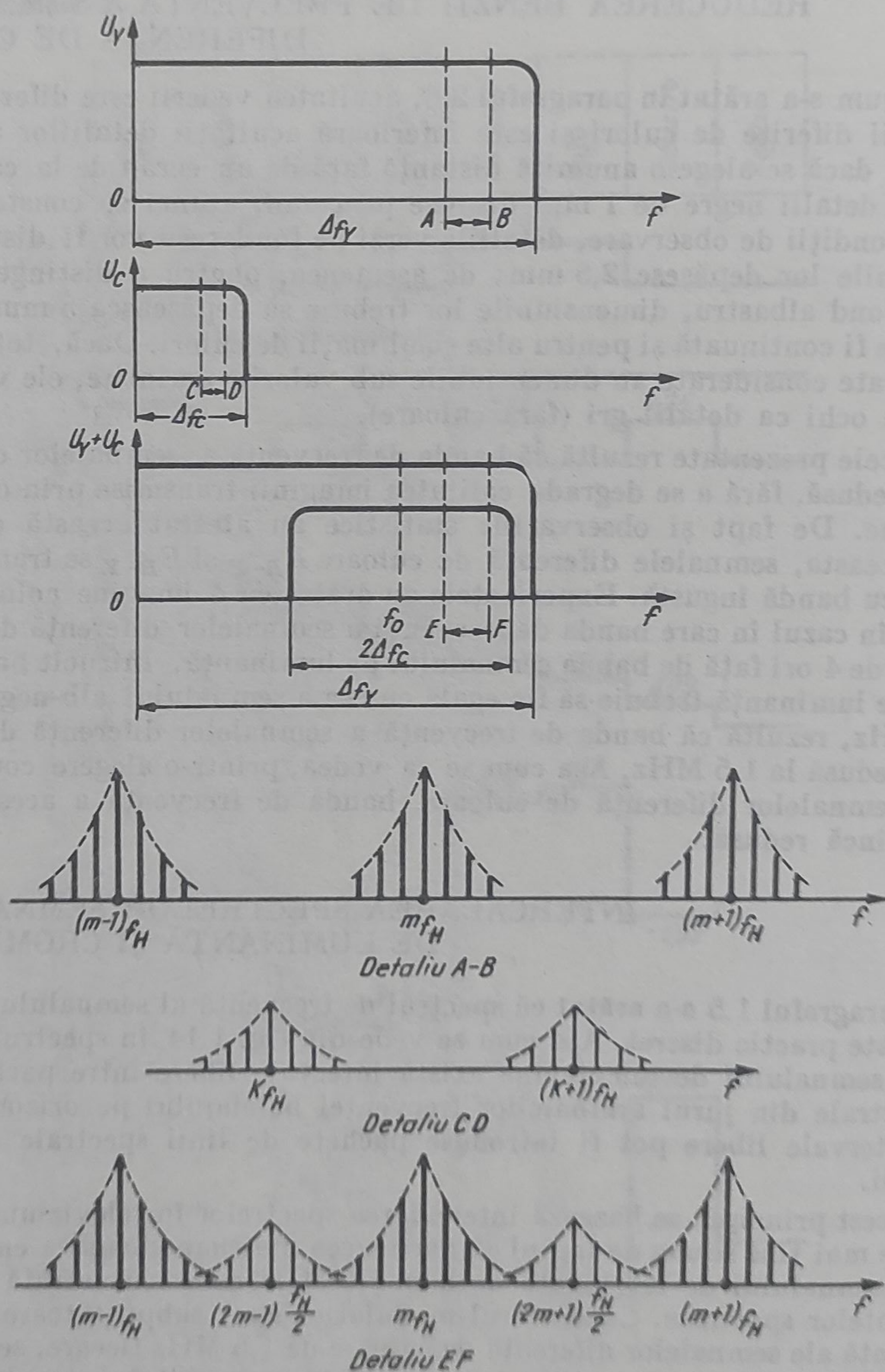


Fig. 6.11. Intercalarea spectrului semnalului de cromaticitate în spectrul semnalului de luminanță.

sistemele de televiziune NTSC și PAL se folosește modulația în cuadratură, iar în sistemul de televiziune în culori SECAM se utilizează modulația în frecvență.

SCHEMA STRUCTURALĂ A UNUI SISTEM COMPATIBIL DE TELEVIZIUNE ÎN CULORI

Pe baza celor prezentate în acest paragraf, se poate deduce schema structurală a unui sistem compatibil de televiziune în culori (fig. 6.12). Menționăm

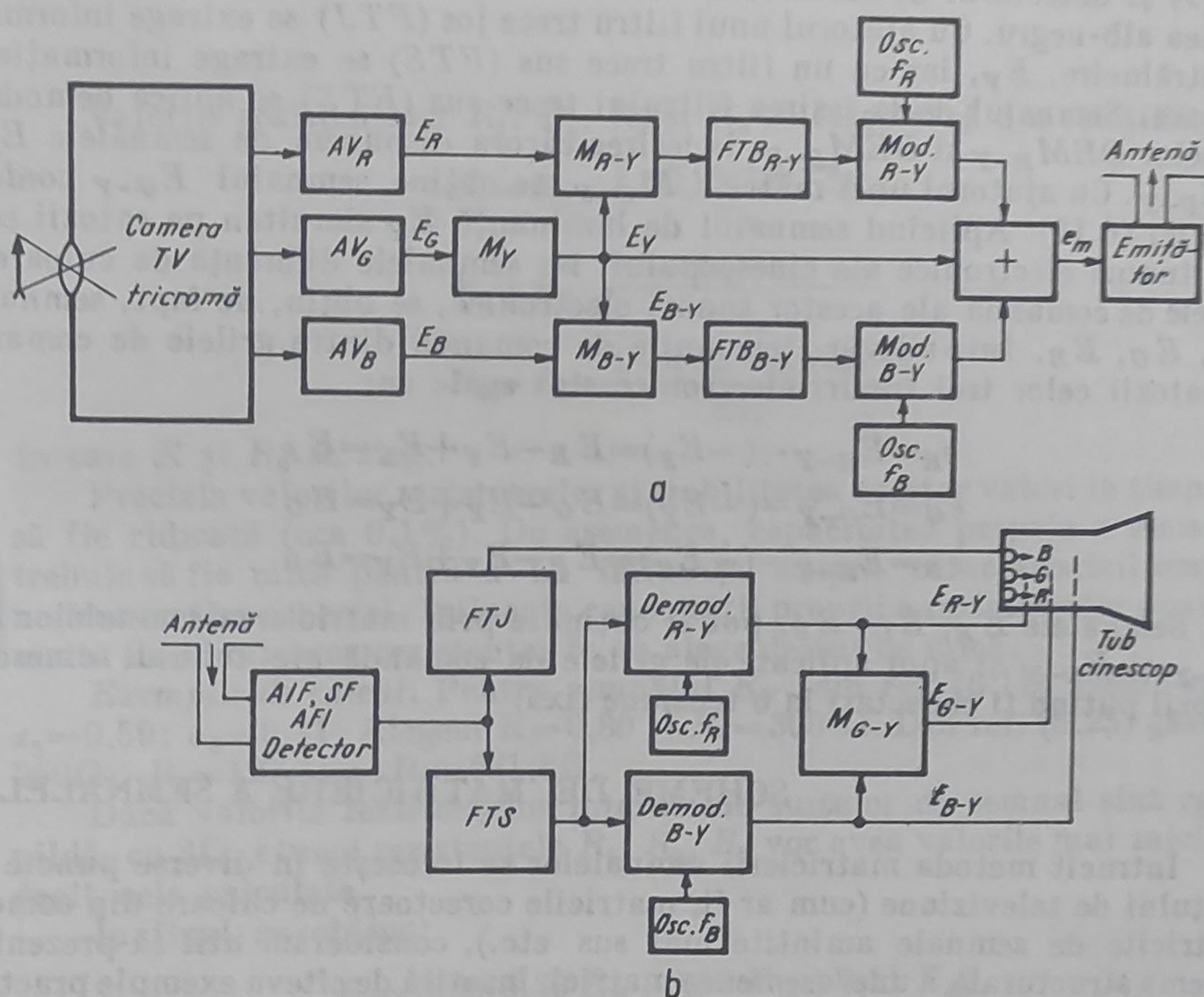


Fig. 6.12. Schema structurală a unui sistem TVC compatibil: a - partea de emisie; b - partea de recepție.

că schema corespunde unui sistem liniar, adică tuburile videocaptoare și video-reproducătoare sînt traductoare liniare, iar elementele din canalul de transmisie sînt, de asemenea, liniare.

Transformarea imaginilor optice în semnale electrice are loc în camera TV tricromă, a cărei structură a fost analizată în paragraful 5.1. Semnalele obținute la ieșirile celor trei tuburi analizoare de imagine sînt amplificate cu amplificatoare notate cu AV_R , AV_G și AV_B . Amplificările celor trei amplificatoare se aleg astfel încît, pentru lumina albă de referință, să avem $E_R = E_G = E_B = 1$ (de obicei, 1 V). Cu ajutorul unor matrici (structura acestora se va studia în continuare), notate cu M_Y , M_{R-Y} , M_{B-Y} , se obțin semnalele E_Y , E_{R-Y} și E_{B-Y} , conform cu relațiile (6.11) și (6.12). În calea semnalelor diferență de culoare se conectează cîte un filtru trece jos (FTJ),

astfel încît banda de frecvență a semnalelor diferență de culoare să fie limitată la 1,5 MHz. Urmează apoi modulatorii MOD_{R-Y} și MOD_{B-Y} , care au rolul de a transla spectrele semnalelor diferență de culoare din domeniul 0 - 1,5 MHz în domeniul superior al spectrului de frecvență al semnalului de luminanță (de pildă, 4,5 - 6 MHz). Cele două semnale modulate se adună cu semnalul de luminanță E_Y , obținîndu-se un semnal unic, care se livrează emițătorului (care poate fi un emițător obișnuit, folosit în televiziunea alb-negru).

La recepție, semnalul trece prin amplificatorul de înaltă frecvență (AIF), schimbătorul de frecvență (SF), amplificatorul de frecvență intermediară (AFI) și detectorul de semnal, toate fiind identice cu cele folosite în televiziunea alb-negru. Cu ajutorul unui filtru trece jos (FTJ) se extrage informația de strălucire, E_Y , iar cu un filtru trece sus (FTS) se extrage informația de culoare. Semnalul de la ieșirea filtrului trece sus (FTS) se aplică demodulatorilor DEM_{R-Y} și DEM_{B-Y} , la ieșirea cărora dispunem de semnalele E_{R-Y} și E_{B-Y} . Cu ajutorul unei matrici, M_{G-Y} , se obține semnalul E_{G-Y} conform relației (6.16). Aplicînd semnalul de luminanță E_Y simultan pe catodii celor trei tunuri electronice ale cinescopului, iar semnalele diferență de culoare pe grilele de comandă ale acestor tunuri electronice, se obțin, de fapt, semnalele E_R , E_G , E_B . Într-adevăr, tensiunile de comandă dintre grilele de comandă și catodii celor trei tunuri electronice sînt egale cu:

$$e_R = E_{R-Y} - (-E_Y) = E_{R-Y} + E_Y = E_R$$

$$e_G = E_{G-Y} - (-E_Y) = E_{G-Y} + E_Y = E_G$$

$$e_B = E_{B-Y} - (-E_Y) = E_{B-Y} + E_Y = E_B$$

Semnalele E_R , E_G , E_B , pot fi obținute prin matricierea semnalelor E_Y , E_{R-Y} și E_{B-Y} și apoi aplicate pe grilele de comandă ale tubului cinescop, catodii putînd fi conectați la o tensiune fixă.

SCHEME DE MATRICIERE A SEMNALELOR

Întrucît metoda matricierii semnalelor se folosește în diverse puncte ale lanțului de televiziune (cum ar fi, matricile corectoare de culoare din cameră, matricile de semnale amintite mai sus etc.), considerăm util să prezentăm schema structurală a unei asemenea matrici, însoțită de cîteva exemple practice. Avînd în vedere faptul că precizia semnalelor obținute prin matriciere trebuie să fie ridicată (se admite o toleranță sub 1%), în practică se folosesc scheme de matriciere cu elemente pasive (rezistoare).

În fig. 6.13 este prezentată schema unei matrici cu rezistoare, folosită des în televiziunea în culori. O funcționare stabilă a schemei este asigurată dacă valorile rezistențelor interne a surselor de semnale E_R , E_G , E_B sînt foarte mici în comparație cu valorile rezistențelor R_1 , R_2 , R_3 . Oricum, în calcule, trebuie ținut seama de rezistențele interne ale surselor semnalelor. Vom considera că, valorile rezistențelor interne ale surselor semnalelor E_1 , E_2 , E_3 sînt incluse în valorile rezistențelor R_1 , R_2 , R_3 .

Dacă se dorește să se obțină un semnal cu structura:

$$E = \alpha_1 E_1 + \alpha_2 E_2 + \alpha_3 E_3 \quad (6.21)$$

atunci semnalul la ieșirea matriciei va avea forma:

$$E_0 = KE \quad (6.22)$$

în care K este atenuarea introdusă de circuit.

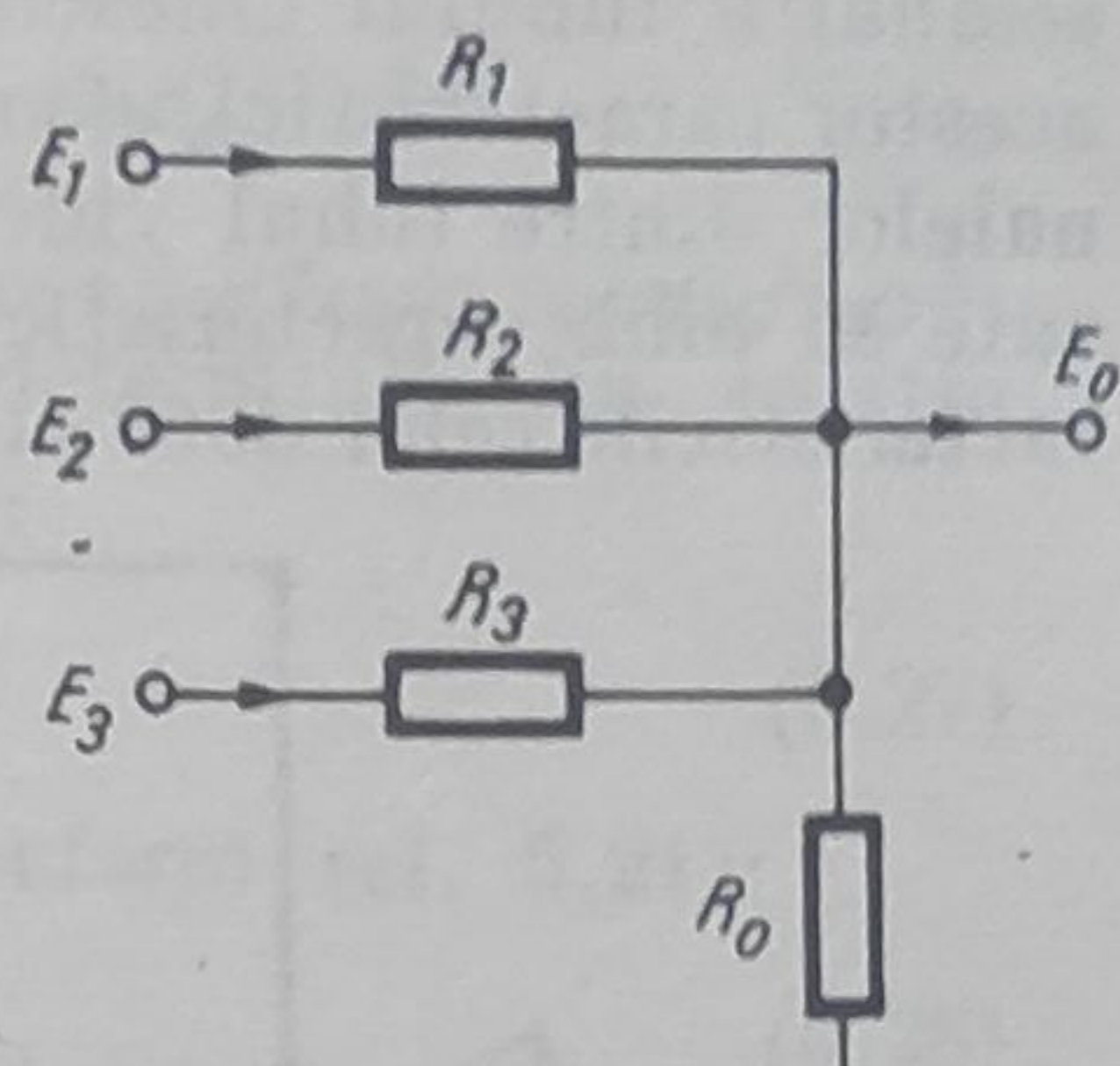


Fig. 6.13. Structura de matriciere a trei semnale.

Valorile rezistențelor R_1 , R_2 , R_3 și R_0 se calculează din relațiile:

$$\begin{aligned} R_1 &= R_0 \cdot \frac{1 - K(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)}{K\alpha_1} \\ R_2 &= R_0 \cdot \frac{1 - K(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)}{K\alpha_2} \\ R_3 &= R_0 \cdot \frac{1 - K(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)}{K\alpha_3} \end{aligned} \quad (6.23)$$

în care K și R_0 se aleg.

Precizia valorilor rezistoarelor și stabilitatea acestor valori în timp trebuie să fie ridicată (cca 0,1%). De asemenea, capacitatea proprie a rezistoarelor trebuie să fie mică pentru a nu influența asupra caracteristicii amplitudine-frecvență a schemei. Influența capacității proprii a rezistoarelor poate fi atenuată dacă valoarea rezistenței R_0 se alege destul de mică.

Exemplu de calcul. Pentru semnalul E_Y , din rel. (6.11) avem: $\alpha_1 = 0,30$; $\alpha_2 = 0,59$; $\alpha_3 = 0,11$. Alegem $K = 0,80$ și $R_0 = 300 \Omega$. Din rel. (6.23) găsim $R_1 = 250 \Omega$; $R_2 = 127,1 \Omega$; $R_3 = 681,8 \Omega$.

Dacă valorile rezistențelor interne ale surselor de semnal sînt egale, de pildă, cu 3Ω , atunci rezistențele R_1 , R_2 , R_3 vor avea valorile mai mici cu 3Ω decît cele calculate.

În final se obține:

$$E_0 = 0,80(0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B),$$

Dacă pentru lumina albă de referință realizăm $E_R = E_G = E_B = \frac{1}{0,80} = 1,25 \text{ V}$ atunci la ieșirea matricei avem:

$$E_0 = E_Y = 0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B$$

6.5. FIDELITATEA TRANSMISIEI CULORILOR ÎNTR-UN SISTEM DE TELEVIZIUNE NELINIAR

ELEMENTELE NELINIARE DIN LANȚUL DE TELEVIZIUNE

În paragraful 5.5 s-a arătat că într-un sistem liniar de transmisie, între strălucirea imaginii și strălucirea obiectului există o dependență liniară (rel. 5.22). În realitate însă, această dependență nu este liniară din cauza carac-

teristicilor neliniare semnal-lumină a tubului analizor de imagine și lumină-semnal a tubului cinescop. Vom lua în discuție doar influența neliniarității acestor caracteristici, deoarece elementele de amplificare și procesare ale semnalelor dintre tubul videocaptor și tubul cinescop pot fi proiectate și realizate să aibă caracteristicile amplitudine-amplitudine liniare. În schimb, caracteristicile celor două elemente traductoare (tubul analizor și tubul cinescop),

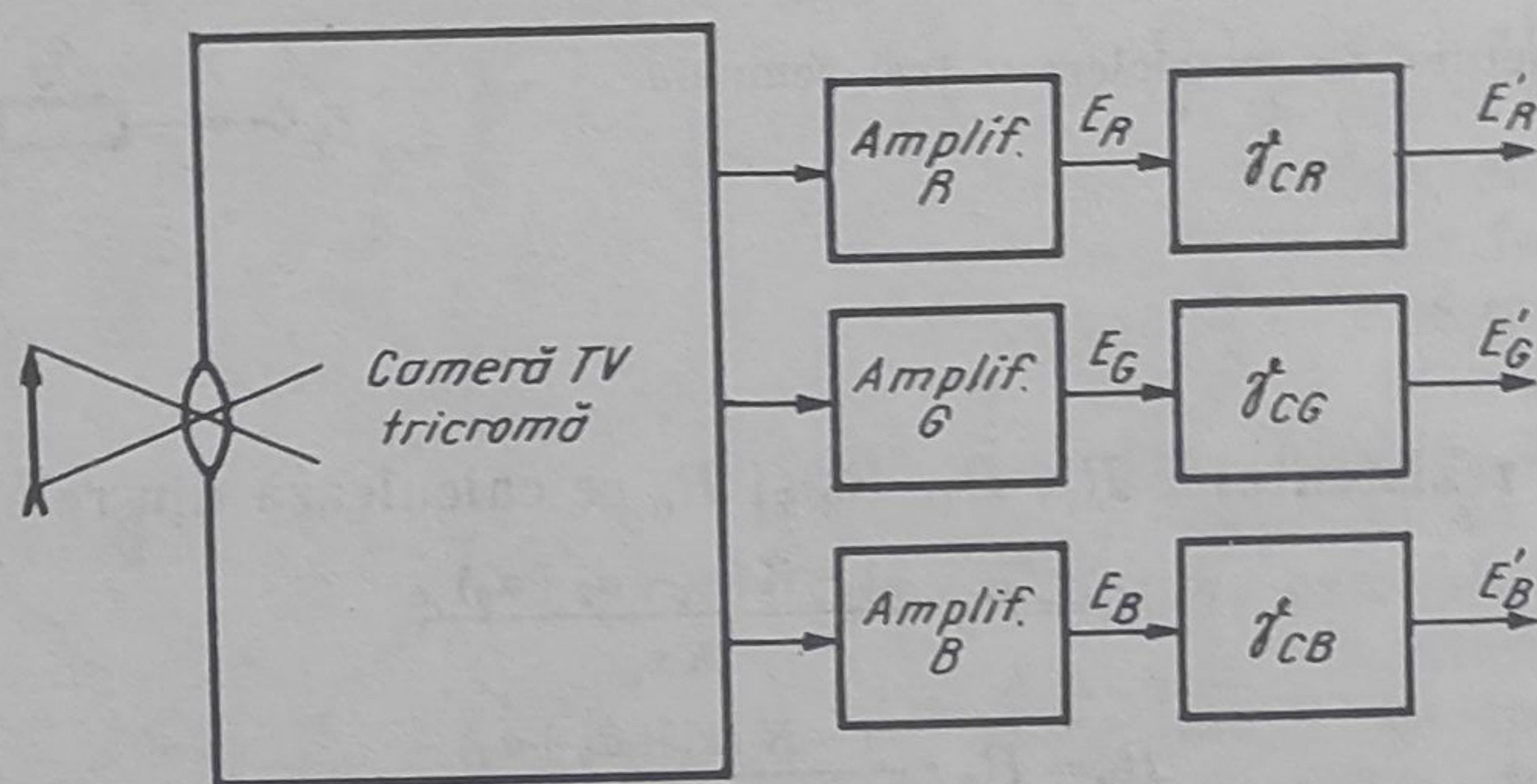


Fig. 6.14. Conectarea corectorilor gamma în canalul de transmisie a semnalului de televiziune în culori

de regulă, sînt neliniare. Pentru compensarea neliniarităților acestor caracteristici, se introduce o schemă de corecție, denumit și corector gamma (fig. 6.14).

Dacă notăm cu γ_{aR} , γ_{aG} și γ_{aB} coeficienții de neliniaritate a caracteristicilor semnal-lumină ale tuburilor analizoare de imagine din canalele R, G, B, semnalele E_R , E_G , E_B la ieșirile tuburilor analizoare vor avea expresii diferite de cele din rel. (5.11) și anume:

$$\begin{aligned} E_R &= a_R (R_{SO})^{\gamma_{aR}} = a'_R (L_{RO})^{\gamma_{aR}} \\ E_G &= a_G (G_{SO})^{\gamma_{aG}} = a'_G (L_{GO})^{\gamma_{aG}} \\ E_B &= a_B (B_{SO})^{\gamma_{aB}} = a'_B (L_{BO})^{\gamma_{aB}} \end{aligned} \quad (6.24)$$

Notînd cu γ_{cR} , γ_{cG} , γ_{cB} — coeficienții de neliniaritate a caracteristicilor semnal-semnal ale celor trei corectoare gamma și ținînd seama de relațiile (6.24), avem:

$$\begin{aligned} E'_R &= E_R^{\gamma_{cR}} = a'^{\gamma_{cR}}_R (L_{RO})^{\gamma_{aR} \gamma_{cR}} \\ E'_G &= E_G^{\gamma_{cG}} = a'^{\gamma_{cG}}_G (L_{GO})^{\gamma_{aG} \gamma_{cG}} \\ E'_B &= E_B^{\gamma_{cB}} = a'^{\gamma_{cB}}_B (L_{BO})^{\gamma_{aB} \gamma_{cB}} \end{aligned} \quad (6.25)$$

În fine, notînd cu γ_{sR} , γ_{sG} , γ_{sB} — coeficienții de neliniaritate a caracteristicilor lumină-semnal ale tuburilor cinescop și ținînd seama de relația (6.25) rezultă:

$$\begin{aligned} L_{RI} &= A_R (L_{RO})^{\gamma_{aR} \gamma_{cR} \gamma_{sR}} \\ L_{GI} &= A_G (L_{GO})^{\gamma_{aG} \gamma_{cG} \gamma_{sG}} \\ L_{BI} &= A_B (L_{BO})^{\gamma_{aB} \gamma_{cB} \gamma_{sB}} \end{aligned} \quad (6.26)$$

unde s-a notat cu:

$$A_R = d_R a'_R \gamma_{cR} \gamma_{sR} \quad ; \quad A_G = d_G a'_G \gamma_{cG} \gamma_{sG} \quad ; \quad A_B = d_B a'_B \gamma_{cB} \gamma_{sB} .$$

Alegînd $A_R = A_G = A_B = A$ și notînd cu $\gamma_{aR} \gamma_{cR} \gamma_{sR} = \gamma_{aG} \gamma_{cG} \gamma_{sG} = \gamma_{aB} \gamma_{cB} \gamma_{sB} = \gamma_a \gamma_c \gamma_s = \gamma$, strălucirea imaginii se determină din relația (5.21), care, prin introducerea relației (6.26), devine:

$$L_I = A [(L_{RO})^\gamma + (L_{GO})^\gamma + (L_{BO})^\gamma] \quad (6.27)$$

Întrucît strălucirea obiectului este egală cu (conform rel. 5.21):

$$L_0 = L_{RO} + L_{GO} + L_{BO}, \quad (6.28)$$

rezultă că $L_I \neq AL_0$, adică reproducerea strălucirii culorilor nu mai este corectă.

Alegînd valoarea γ_c a corectorului gamma se poate realiza ca:

$$\gamma = 1, \text{ adică } \gamma_c = \frac{1}{\gamma_a \gamma_s}, \quad (6.29)$$

ceea ce înseamnă $L_I = AL_0$, adică tocmai condiția fidelității reproducerii culorilor.

Coeficientul γ influențează nu numai asupra strălucirii, ci și asupra cromaticității culorii. De pildă, pentru $\gamma > 1$ saturația culorilor crește, iar pentru $\gamma < 1$, saturația scade. De aceea, este recomandabil să se asigure $\gamma = 1$, cu toate că în urma unor expertize subiective s-a ajuns la concluzia că imaginea optimă se obține cînd $\gamma = 1,2 \div 1,3$. Probabil că, în acest caz, mărimea saturației culorilor datorită coeficientului γ , care este supraunitar ($\gamma > 1$), compensează scăderea strălucirii și a contrastului și astfel se asigură o fidelitate psihologică a transducerii culorilor.

În fig. 6.15 sînt arătate caracteristicile de transmisie a nivelelor pentru cîteva valori ale coeficienților γ . Se observă că, pentru semnalele în jurul nivelului de negru, corectorul γ trebuie să aibă o amplitudine foarte mare. Pe lîngă faptul că este greu de realizat practic o asemenea amplificare, aceasta

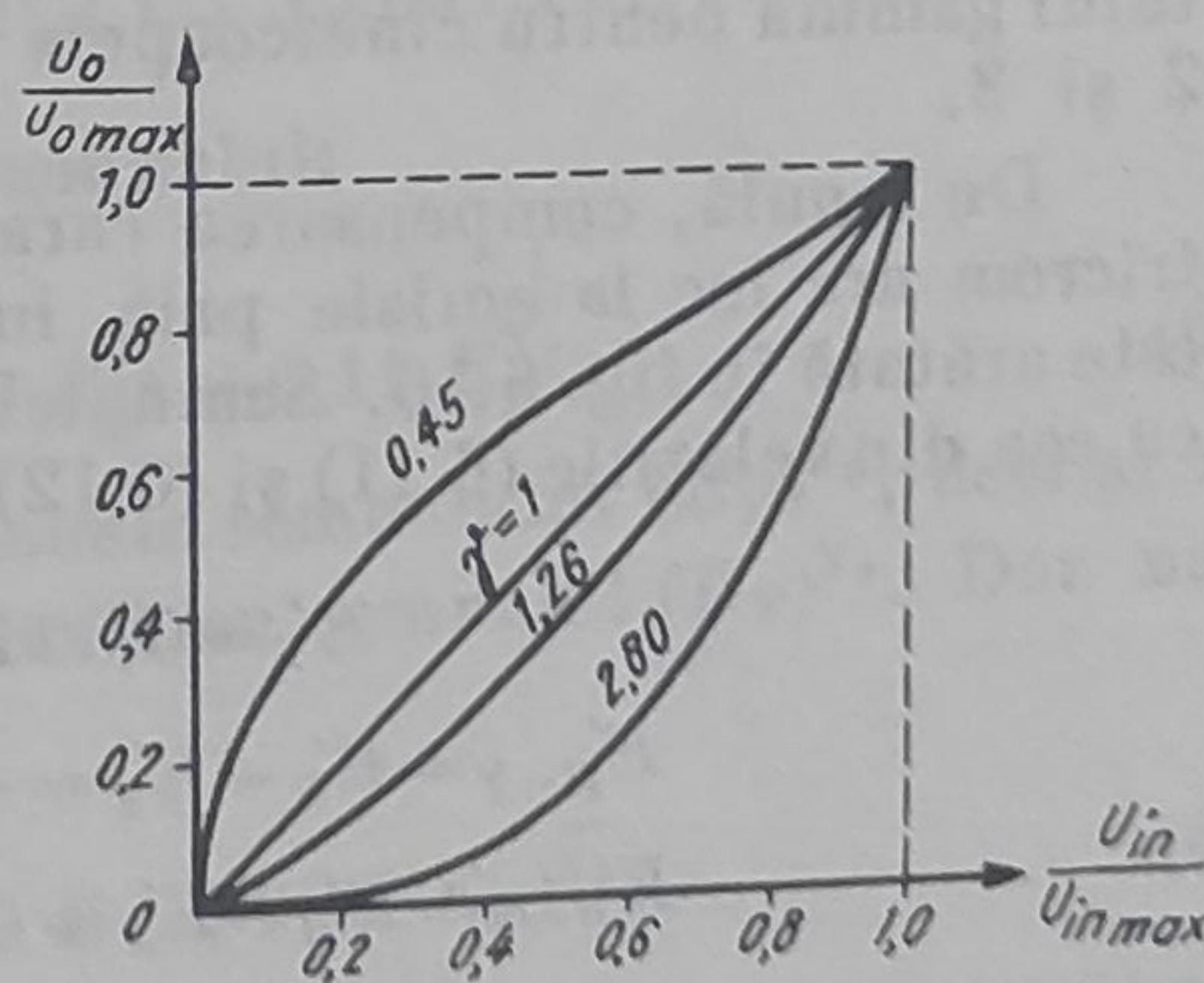


Fig. 6.15. Caracteristicile de transmisie a nivelelor pentru cîteva valori ale coeficienților γ .

conduce și la creșterea zgomotelor și a semnalelor perturbatoare. De aceea, s-a convenit ca corectorul gamma să acționeze doar în regiunea strălucirilor relative de $0,25 \div 1$, adică să se transmită un contrast de 40:1.

În sistemele de televiziune actuale, (NTSC, PAL, SECAM), coeficientul gamma pentru tuburile analizoare este standardizat la valoarea $\gamma_a = 0,45$. De obicei, așa cum, de altfel, s-a arătat și în paragraful 5.6, în camera tricromă au loc procesări ale semnalelor livrate de cele trei tuburi analizoare, cum este,

de pildă, procesarea cu matricea de corecție a culorii. Pentru funcționarea corectă a unor asemenea procesări, semnalele, la intrarea procesorului (matricei); trebuie să fie funcții liniare de strălucirea obiectului. Pentru aceasta se conectează înaintea procesorului (matricei) câte un corector gamma în canalele R , G , B pentru a compensa neliniaritățile caracteristicilor semnal-lumină ale tubului analizor (așa cum se vede și din fig. 5.8). Coeficientul gamma al corectorului trebuie să fie egal cu $1/\gamma_a$ ($1/\gamma_a = 1/0,45 \approx 2,20$).

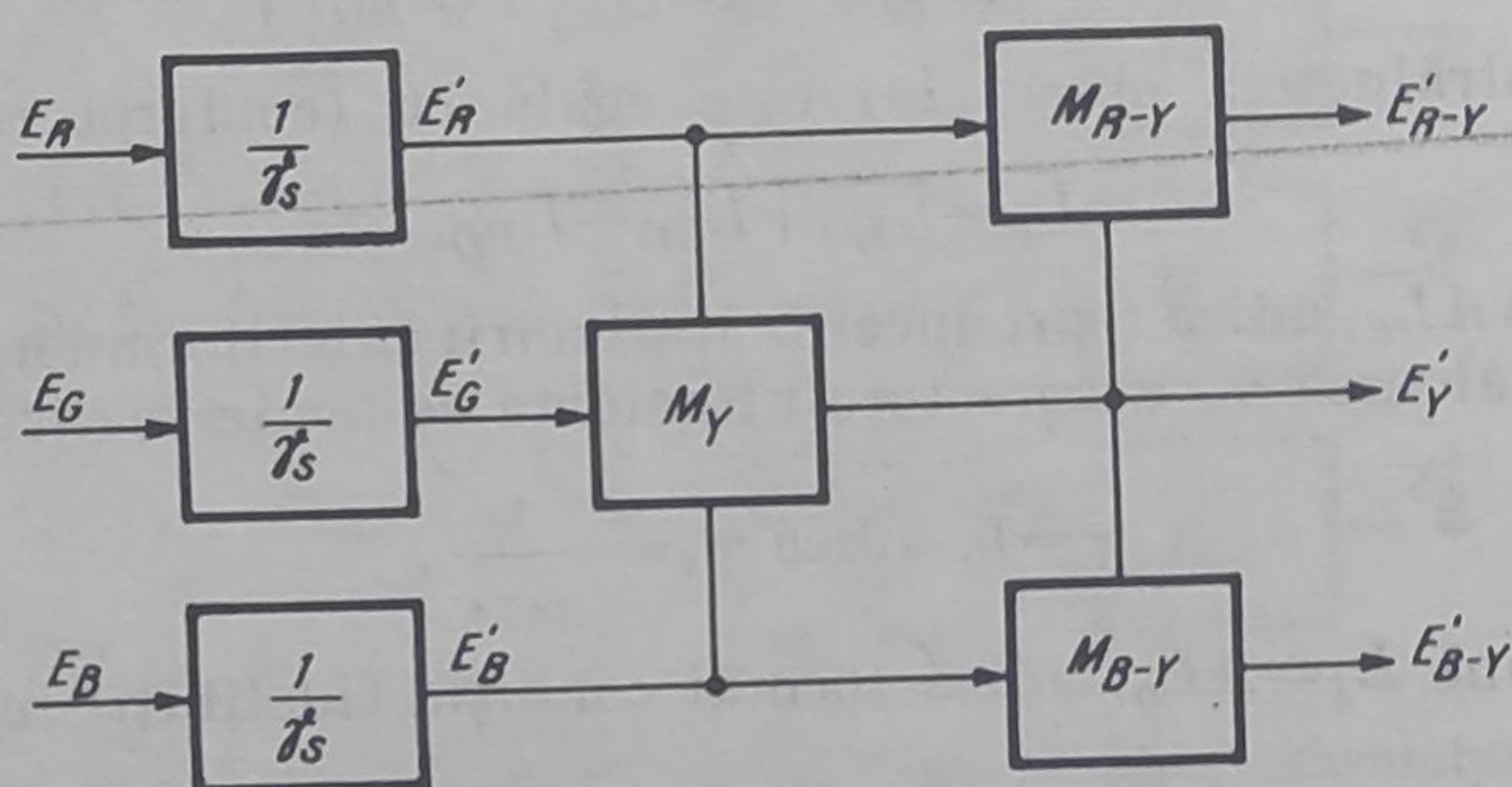


Fig. 6.16. Compensarea caracteristicii lumină-semnal a tubului cinescop.

Menționăm că, eventualele dispersii ale coeficienților gamma ale celor trei tuburi analizoare sînt compensate prin reglarea corectă a corectorului gamma.

Pentru tuburile cinescop actuale, coeficientul gamma s-a ales egal cu $\gamma_s = 2,8$ (pentru vechile tuburi cinescop, coeficientul gamma era standardizat la valoarea de 2,2). Acest coeficient rămîne constant pentru o gamă largă a contrastului imaginii mai mare de 40:1. De obicei, se normează și toleranțele acestui coeficient (de pildă, în Anglia norma este de $\gamma_s = 2,8 \pm 0,3$). În literatura de specialitate se recomandă $\gamma_s = 2,8 \pm 0,2$. În schimb, valoarea coeficientului gamma pentru cinescoapele alb-negru nu este normată, ea aflîndu-se între 2 și 3.

De regulă, compensarea caracteristicii lumină-semnal a tubului cinescop tricrom are loc la emisie prin introducerea unui corector gamma, așa cum este arătată în fig. 6.16. Semnalele E'_Y , E'_{R-Y} și E'_{B-Y} au o structură identică cu cea din relațiile (6.11) și (6.12), adică:

$$\begin{aligned} E'_Y &= 0,30 E'_R + 0,59 E'_G + 0,11 E'_B \\ E'_{R-Y} &= E'_R - E'_Y = +0,70 E'_R - 0,59 E'_G - 0,11 E'_B \\ E'_{B-Y} &= E'_B - E'_Y = -0,30 E'_R - 0,59 E'_G + 0,89 E'_B, \end{aligned} \quad (6.30)$$

în care:

$$E'_R = (E_R)^{\frac{1}{\gamma_s}}; \quad E'_G = (E_G)^{\frac{1}{\gamma_s}}; \quad E'_B = (E_B)^{\frac{1}{\gamma_s}}. \quad (6.31)$$

Să urmărim în continuare cum se respectă principiul fidelității reproducerii culorilor și principiul luminanței constante pe cinescopul tricrom și cum se reproduce în alb-negru imaginea color transmisă pe un televizor alb-negru.

FIDELITATEA REPRODUCERII CULORILOR

Notăm cu E_{RC} , E_{GC} , E_{BC} — semnalele video aplicate între grilele și catodii tunurilor electronice ale tubului cinescop tricrom.

Conform relației (6.25) avem:

$$\begin{aligned} E_{RC} &= E'_{R-Y} + E'_Y = E'_R - E'_Y + E'_Y = E'_R = E_R^{\frac{1}{\gamma_s}} \\ E_{GC} &= E'_{G-Y} + E'_Y = E'_G - E'_Y + E'_Y = E'_G = E_G^{\frac{1}{\gamma_s}} \\ E_{BC} &= E'_{B-Y} + E'_Y = E'_B - E'_Y + E'_Y = E'_B = E_B^{\frac{1}{\gamma_s}} \end{aligned} \quad (6.32)$$

Conform rel. (6.26), strălucirile luminoforilor cinescopului tricrom sînt:

$$\begin{aligned} L_{RI} &= d (E_{RC})^{\gamma_s} = d (E_R^{\frac{1}{\gamma_s}})^{\gamma_s} = d E_R \\ L_{GI} &= d (E_{GC})^{\gamma_s} = d (E_G^{\frac{1}{\gamma_s}})^{\gamma_s} = d E_G \\ L_{BI} &= d (E_{BC})^{\gamma_s} = d (E_B^{\frac{1}{\gamma_s}})^{\gamma_s} = d E_B \end{aligned} \quad (6.33)$$

De aici rezultă că transmisia culorilor se face corect (fidel).

Cu toate că la recepție reproducerea strălucirii culorilor este corectă, se poate arăta că, reproducerea strălucirii detaliilor fine se înrăutățește pe măsură ce crește saturația culorilor (valorile minime se obțin pentru culorile de sinteză).

RESPECTAREA PRINCIPIULUI LUMINANȚEI CONSTANTE

Aplicînd tubului cinescop tricrom semnalul:

$$E'_Y = 0,30 E_R^{\frac{1}{\gamma_s}} + 0,59 E_G^{\frac{1}{\gamma_s}} + 0,11 E_B^{\frac{1}{\gamma_s}}, \quad (6.34)$$

strălucirile luminoforilor vor fi proporționale semnalului $(E'_Y)^{\gamma_s}$, deci și strălucirea totală a imaginii va fi proporțională cu semnalul $(E'_Y)^{\gamma_s}$. Dar numai semnalul:

$$E_R^{\frac{1}{\gamma_s}} = (0,30 E_Y + 0,59 E_G + 0,11 E_B)^{\frac{1}{\gamma_s}}, \quad (6.35)$$

conține întreaga informație asupra strălucirii obiectului, deoarece strălucirea totală a imaginii va fi proporțională cu E_Y , adică $(E_Y^{\frac{1}{\gamma_s}})^{\gamma_s} = E_Y$.

Comparînd expresiile (6.34) și (6.35), rezultă că $E'_Y < E_Y^{\frac{1}{\gamma_s}}$, ceea ce înseamnă că semnalul de strălucire transmis E'_Y conține doar o parte din strălucirea obiectului.

Pe de altă parte, așa cum s-a arătat deja, într-un tub cinescop tricrom neliniar, strălucirea este redată corect deoarece conform rel. (6.33), strălucirile celor trei luminofori sînt proporționale cu semnalele E_R , E_G , E_B .

Rezultă, deci, că o parte din strălucirea obiectului se transmite prin intermediul semnalelor E_{R-Y} și E_{B-Y} , ceea ce înseamnă nerespectarea principiului luminanței constante, în special la frecvențele înalte, unde semnalele diferență de culoare sînt nule. Principiul luminanței constante este respectat

doar pentru culoarea albă de referință, deoarece, în acest caz, $E'_Y = E'_Y \frac{1}{\gamma_s} = 1$, iar semnalele diferență de culoare sînt egale cu zero.

Este interesant de știut cum se respectă principiul luminanței constante pentru gama culorilor transmise. Pentru aceasta s-a introdus un coeficient K_Y , care reprezintă raportul dintre strălucirea reprodusă și cea corectă, adică:

$$K_Y = \frac{E'_Y \gamma_s}{E_Y} \frac{\left(0,30 E_R \frac{1}{\gamma_s} + 0,59 E_G \frac{1}{\gamma_s} + 0,11 E_B \frac{1}{\gamma_s}\right) \gamma_s}{0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B}, \quad (6.36)$$

deoarece strălucirea reprodusă este proporțională cu semnalul $E'_Y \gamma_s$, pe cînd cea corectă este proporțională cu semnalul E_Y .

Întrucît semnalele E_R , E_G , E_B sînt proporționale cu componentele tricromatice ale culorii (rel. 5.13), rezultă că expresia (6.36) poate fi exprimată

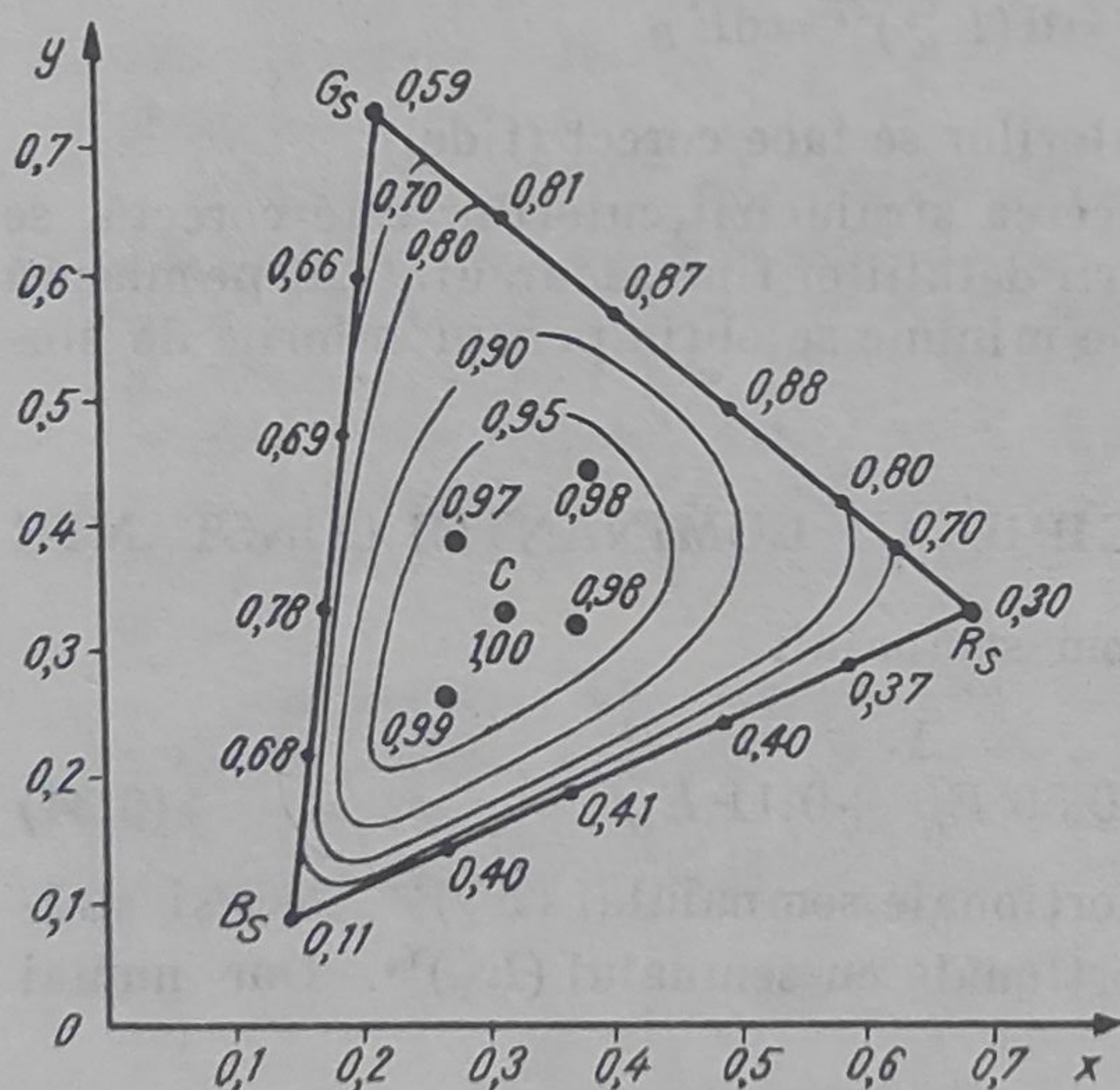


Fig. 6.17. Curbele $K_Y = \text{const.}$ la transmisia semnalelor E'_Y , E'_{R-Y} , E'_{B-Y} .

prin coordonatele tricromatice x , y . În fig. 6.17 sînt reprezentate contururile de mărimi constante, $K_Y = \text{const.}$, pentru sistemul colorimetric al receptorului SA și $\gamma = 2,2$.

Din fig. 6.17 se observă că numai pentru culoarea albă de referință avem $K_Y = 1$ (principiul luminanței constante se respectă). Principiul luminanței constante este cu atît mai nerespectat cu cît ne apropiem de culorile saturate. Valorile minime ale lui K_Y se obțin pentru culorile de sinteză primare: la culoarea roșie prin canalul de luminanță se transmite doar 0,235 din strălucirea totală, la culoarea verde — 0,528, iar la culoarea albastru — 0,074. Pen-

tru $\gamma=2,75$, aceste valori sînt, respectiv, egale cu 0,122; 0,396; 0,021; adică mai mici decît pentru $\gamma=2,2$.

Nerespectarea principiului luminanței constante are următoarele consecințe:

- informația asupra strălucirii detaliilor fine nu mai este reprodusă corect de către un cinescop tricrom, deoarece semnalele diferență de culoare, fiind de bandă îngustă, nu mai pot conține acea parte a informației de strălucire a acestor detalii, care trebuie să se transmită prin canalul de culoare;

- întrucît $E'_Y < E^{\frac{1}{\gamma_s}}$, raportul semnal/zgomot este mai mic la transmiterea semnalului E'_Y decît dacă s-ar transmite semnalul $E^{\frac{1}{\gamma_s}}$;

- întrucît semnalele E'_{R-Y} , E'_{B-Y} conțin o parte din informația de strălucire, înseamnă că ele au amplitudinea mai mare decît semnalele E_{R-Y} , E_{B-Y} , ceea ce conduce la mărirea vizibilității semnalului de culoare pe ecranul televizoarelor alb-negru;

- strălucirea totală a ecranului tubului cinescop tricrom este mai mare decît strălucirea datorată semnalului E'_Y , în special pentru culorile saturate (datorită semnalului ce se aplică cinescopului din canalul de culoare);

- semnalele diferență de culoare, fiind de bandă îngustă, conțin doar informația de strălucire a detaliilor mari din imagine; rezultă, deci, că structura salturilor de la o culoare la alta (pe orizontală) va fi diminuată la reproducerea pe televizorul color.

REPRODUCEREA STRĂLUCIRII PE CINESCOPUL ALB-NEGRU

Pentru reproducerea corectă a strălucirii pe cinescopul alb-negru cu caracteristica de transfer semnal-lumină neliniară, aproximată printr-un coeficient γ_M , este necesar ca semnalul de luminanță să sufere o predistorsionare de forma $(E_Y)^{\frac{1}{\gamma_M}}$. În acest caz, strălucirea ecranului va fi:

$$L_M = K \left(E_Y^{\frac{1}{\gamma_M}} \right)^{\gamma_M} = k E_Y,$$

adică reproducerea strălucirilor este corectă.

În realitate, însă, receptorul alb-negru primește semnalul E'_Y , determinat de expresia din relațiile (6.34). Pentru a defini fidelitatea reproducerii strălucirii pe cinescopul alb-negru la recepția semnalului de luminanță, corespunzător semnalului color transmis, s-a introdus coeficientul:

$$K_M = \frac{L'_M}{L_M}, \quad (6.37)$$

în care L'_M este strălucirea imaginii la recepția semnalului de luminanță E'_Y , iar L_M este strălucirea corectă, care se obține la recepția semnalului E_Y . Se poate arăta că:

$$K_M = \frac{\left(0,30 E_R^{\frac{1}{\gamma_s}} + 0,59 E_G^{\frac{1}{\gamma_s}} + 0,11 E_B^{\frac{1}{\gamma_s}} \right)^{\gamma_M}}{0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B} \quad (6.38)$$

Dacă $\gamma_M = \gamma_s$, se obține $K_M = K_Y$. Deci, graficul din fig. 6.17 și concluziile rezultate din el rămân valabile și pentru receptorul alb-negru.

Așadar, culorile saturate se vor reproduce pe televizorul alb-negru (în alb-negru, bineînțeles) cu strălucire diminuată, deoarece așa cum s-a văzut semnalul de luminanță E'_Y nu conține toată informația de strălucire a culorii, partea care lipsește este conținută în semnalele diferență de culoare, care, evident nu pot fi recepționate de televizorul alb-negru). Micșorarea strălucirii imaginii pe televizorul alb-negru pentru culorile saturate conduce la creșterea vizibilității perturbațiilor din canalul de comunicație (perturbații sub forma unei structuri fine, suprapuse peste imaginea alb-negru).

Prin urmare, la transmiterea semnalelor de luminanță E'_Y și diferență de culoare E'_{R-Y} , E'_{B-Y} într-un sistem real (neliniar) de televiziune se constată că:

- transmisia culorilor este fidelă;
- strălucirea culorilor de suprafață mare este reprodusă corect pe televizorul color;
- principiul luminanței constante pentru culorile saturate nu este respectat;
- strălucirea detaliilor fine este reprodusă incorect pe televizorul color;
- strălucirea imaginii având culori saturate, reprodusă în alb-negru, pe televizorul alb-negru, este mai mică decât cea normală (ceea ce duce la micșorarea rezoluției pe orizontală și verticală).

Pe lângă aceste neajunsuri ale folosirii semnalelor E'_Y , E'_{B-Y} și E'_{R-Y} , mai amintim încă unul. Întrucât semnalul E'_Y se obține prin matricierea semnalelor livrate de trei tuburi videocaptoare, rezultă o condiție riguroasă de suprapunere a rastrelor acestor tuburi, adică în orice moment t_1 în fiecare rastru trebuie să se citească unul și același element de imagine. Această condiție trebuie să fie satisfăcută pentru toată suprafața rastrelui. Întrucât precizia de suprapunere a rastrelor trebuie să fie mare, rezultă o serie de greutăți tehnice de a menține această precizie în condiții de exploatare.

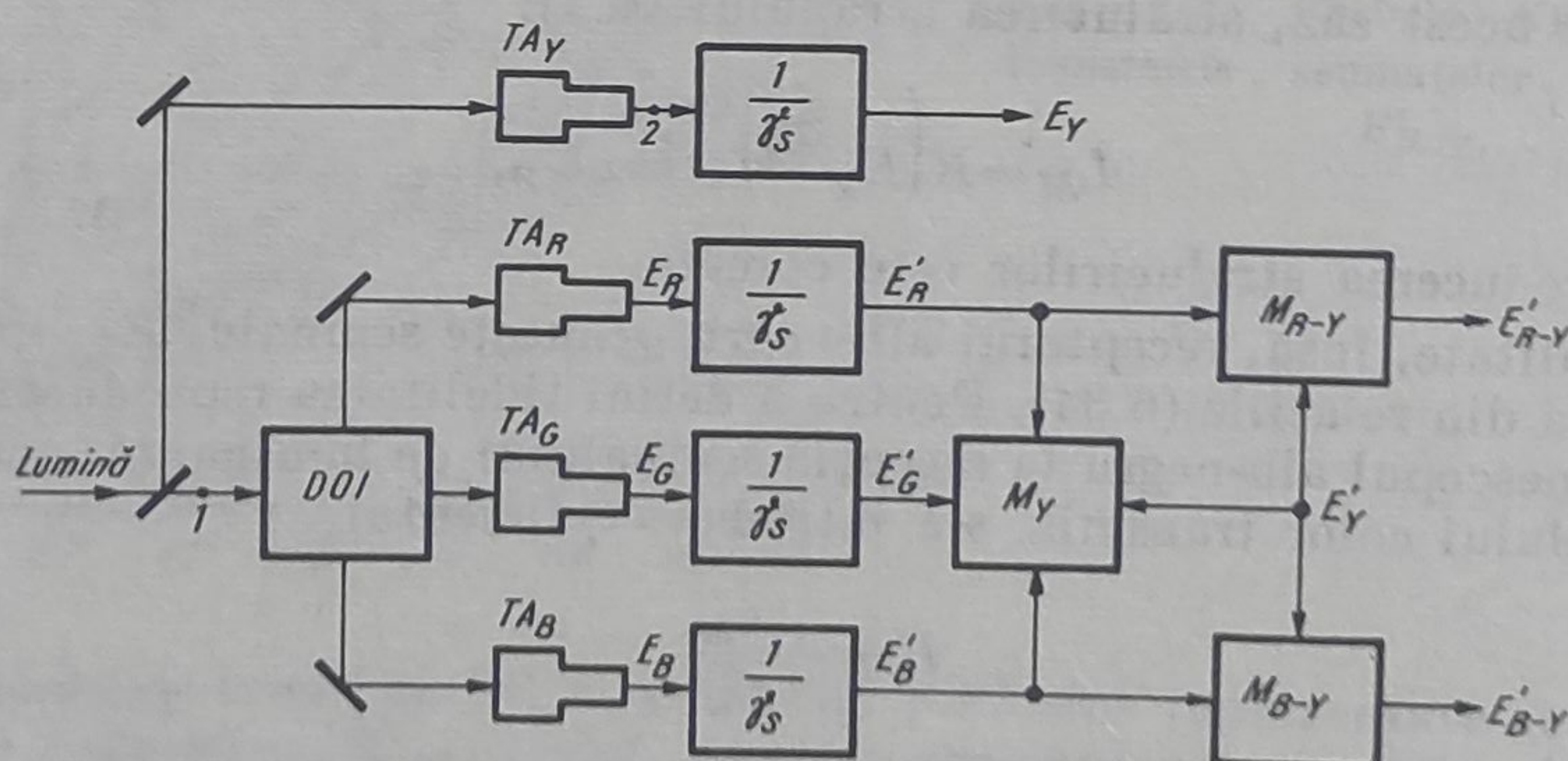


Fig. 6.18. Schema structurală a unei camere de televiziune cu patru tuburi videocaptoare.

Neajunsurile amintite pot fi depășite dacă în locul semnalului E'_Y s-ar transmite semnalul $E_M = E'_Y \frac{1}{\gamma_s}$, generat de un tub videocaptor separat. În fig. 6.18 este prezentată schema structurală a unei camere cu patru tuburi

videocaptoare, în care semnalul $E_Y^{\frac{1}{\gamma_s}}$ este generat de un tub videocaptor separat. În această schemă, semnalele E'_R , E'_G și E'_B pot fi de bandă îngustă, deoarece semnalul E'_Y netransmițându-se, poate fi de bandă îngustă. Din semnalele E'_R , E'_G , E'_B se formează semnalul E'_Y conform relației (6.11), iar semnalele diferență de culoare se formează ca și în schema din fig. 6.16.

Pentru ca semnalul E_Y să reproducă corect strălucirea obiectului este necesar ca și caracteristica spectrală a sistemului de oglinzi dicroice dintre punctele 1—2 împreună cu caracteristica spectrală a tubului videocaptor TV să fie identică cu caracteristica de vizibilitate relativă $\sigma(\lambda)$.

La transmisia semnalelor $E_Y^{\frac{1}{\gamma_s}}$, $E'_R - E'_Y$, $E'_B - E'_Y$ se constată următoarele:

- apar unele erori la transmisia culorilor;
- strălucirea culorilor de suprafață mare este reprodusă pe televizoarele color cu valoare mai mare decât valoarea normală;
- se îmbunătățește respectarea principiului luminanței constante;
- se îmbunătățește reproducerea strălucirii detaliilor fine;
- strălucirea imaginii pe televizorul alb-negru este reprodusă corect pentru toate culorile.

Schema din fig. 6.18 poate fi simplificată prin renunțarea la canalul verde și matricea M_Y , aplicînd matricelor M_{R-Y} și M_{B-Y} semnalul $E_Y^{\frac{1}{\gamma_s}}$ în loc de E'_Y , deci se vor transmite semnalele $E_Y^{\frac{1}{\gamma_s}}$, $E'_R - E_Y^{\frac{1}{\gamma_s}}$ și $E'_B - E_Y^{\frac{1}{\gamma_s}}$. Studiile făcute arată că, în acest caz, distorsiunile de nuanță sînt mai mari, iar distorsiunile de saturație și strălucire ale culorilor detaliilor mari sînt mai mici decât în cazul transmiterii semnalelor E'_Y și $E'_R - E'_Y$, $E'_B - E'_Y$.

Tabelul 6.3

Culoarea	E_R	E_G	E_B	E_Y	E_{R-Y}	E_{B-Y}
Alb	1	1	1	1	0	0
Galben	0,75	0,75	0	0,66	0,09	-0,66
Bleu	0	0,75	0,75	0,53	-0,53	0,22
Verde	0	0,75	0	0,44	-0,44	-0,44
Purpuriu	0,75	0	0,75	0,31	0,44	0,44
Roșu	0,75	0	0	0,22	0,53	-0,22
Albastru	0	0	0,75	0,09	-0,09	0,66
Negru	0	0	0	0	0	0

Cum funcționează sistemul de televiziune în culori NTSC

Sistemul de televiziune în culori NTSC a fost elaborat în S.U.A. de Comitetul pentru sistemul de televiziune național (National Television System Committee, prescurtat NTSC) și a fost introdus în exploatare în 1954. Ceva mai târziu, sistemul NTSC a fost preluat de Japonia, Canada și alte țări de pe continentul american.

7.1. PRINCIPIILE DE BAZĂ ALE SISTEMULUI NTSC

Plecînd de la schema structurală a sistemului compatibil de televiziune în culori prezentată în fig. 6.12, se poate ajunge la sistemul NTSC, dacă luăm în considerație principalele particularități ale acestui sistem*:

- în locul semnalelor de crominanță E_{R-Y} și E_{B-Y} se transmit semnalele de crominanță E_I și E_Q , care sînt o combinație a semnalelor E_{R-Y} și E_{B-Y} ;

- în locul filtrelor trece jos, FTJ_{R-Y} și FTJ_{B-Y} , de aceeași bandă de frecvență, se folosesc filtre trece jos, FTJ_I și FTJ_Q , cu benzi de frecvență diferite;

- la transmisia semnalelor de crominanță E_I și E_Q , utilizînd aceeași bandă de frecvență a semnalului de luminanță (prin intercalarea spectrelor), se folosește modulația în cuadratură, cu o singură frecvență de modulație.

SEMNALUL DE LUMINANȚĂ

În sistemul de televiziune în culori NTSC se folosește semnalul de luminanță de forma:

$$E_Y = 0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B \quad (7.1)$$

care a fost dedus în paragraful 6.4 (relația 6.11).

* O asemenea tratare este pur didactică, căci o mare parte din materialul prezentat anterior, în special, în cap. 6, este rodul activității specialiștilor care au creat sistemul NTSC.

MODULAȚIA ÎN CUADRATURĂ

Să presupunem disponibil un semnal de amplitudine A_0 și pulsație ω_0 ($\omega_0 = 2\pi f_0$, în care f_0 este frecvența semnalului), de forma:

$$a_1(t) = A_1 \cos \omega_0 t \quad (7.2)$$

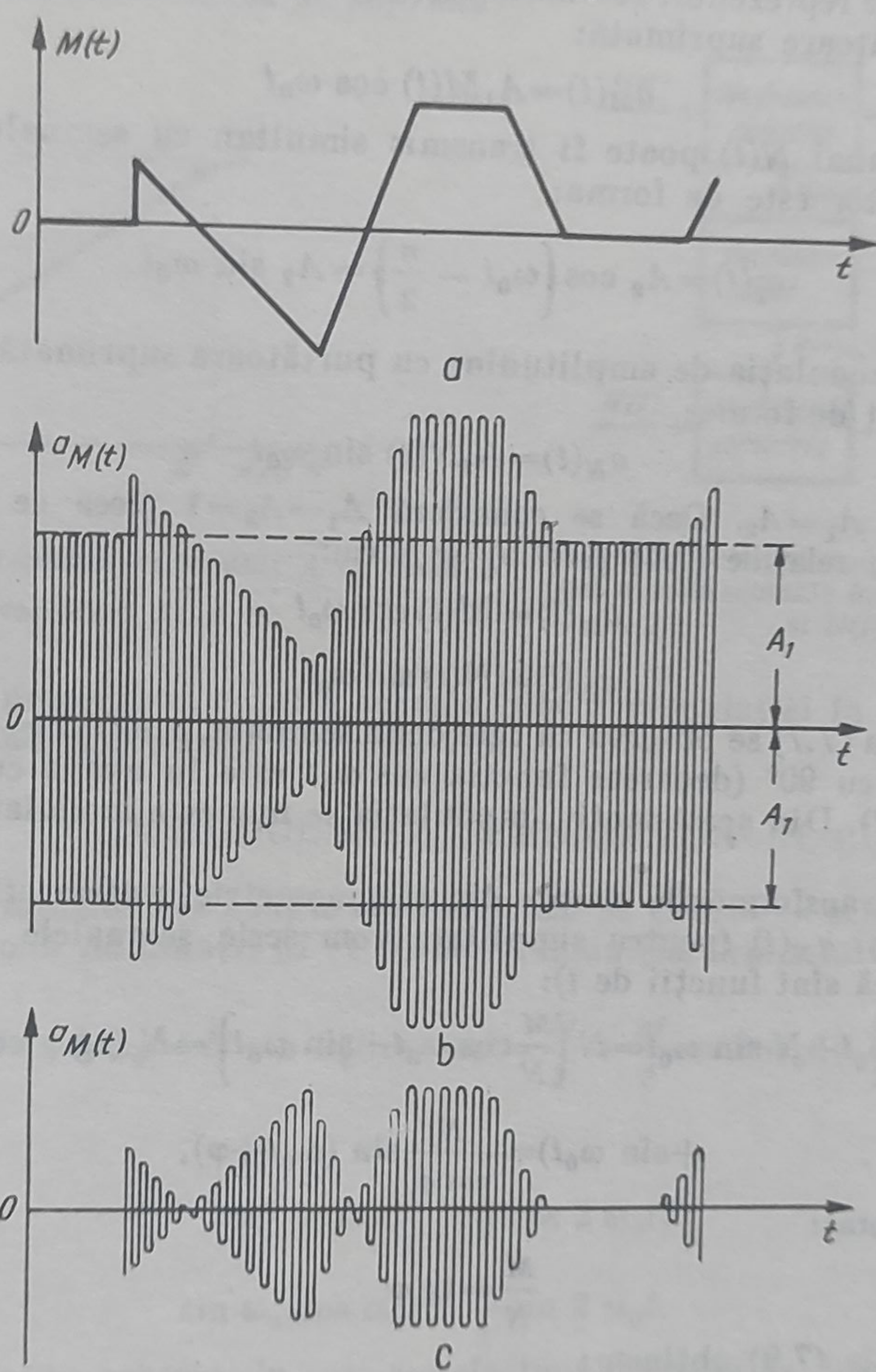


Fig. 7.1. Modulația în amplitudine: a — semnalul modulator; b — semnalul modulat cu purtătoare; c — semnalul modulat cu purtătoare suprimată.

Dacă acest semnal este modulat cu un semnal modulator $M(t)$ (fig. 7.1, a) — se obține semnalul (fig. 7.1, b):

$$a_M(t) = A_1 \cos \omega_0 t + A_1 M(t) \cos \omega_0 t \quad (7.3)$$

Din relația (7.3) rezultă că prin modulație se obțin două componente distincte:

- semnalul purtător, $a_1(t)$, care nu este afectat de informația ce urmează a fi transmisă, adică de semnalul modulator $M(t)$;

• semnalul $A_1 M(t) \cos \omega_0 t$ care poartă informația utilă, adică a semnalului modulator $M(t)$.

Întrucît componenta $A_1 \cos \omega_0 t$ din semnalul modulat $a_M(t)$ nu transportă semnalul util $M(t)$, rezultă că ea poate fi eliminată. Se spune că, în acest caz, avem o modulație de amplitudine cu purtătoare suprimată (MA-PS). În fig. 7.1, c este reprezentat semnalul $a_M(t)$ pentru cazul modulației de amplitudine cu purtătoare suprimată:

$$a_M(t) = A_1 M(t) \cos \omega_0 t \quad (7.4)$$

Un alt semnal $N(t)$ poate fi transmis simultan cu semnalul $M(t)$ dacă semnalul purtător este de forma:

$$a_2(t) = A_2 \cos \left(\omega_0 t - \frac{\pi}{2} \right) = A_2 \sin \omega_0 t \quad (7.5)$$

Folosind modulația de amplitudine cu purtătoare suprimată, obținem un semnal modulat de forma:

$$a_N(t) = A_2 N(t) \sin \omega_0 t \quad (7.6)$$

De obicei, $A_1 = A_2$. Dacă se consideră $A_1 = A_2 = 1$ (ceea ce se poate ușor realiza practic), relațiile (7.4) și (7.5) se scriu:

$$\begin{aligned} a_M(t) &= M(t) \cos \omega_0 t \\ a_N(t) &= N(t) \sin \omega_0 t \end{aligned} \quad (7.7)$$

Din relația (7.7) se observă că cele două semnale, $a_M(t)$ și $a_N(t)$, sînt decalate între ele cu 90° (deoarece funcția $\cos \omega_0 t$ este în avans cu 90° față de funcția $\sin \omega_0 t$). Din acest motiv, modulația se numește modulație în cuadratură.

Folosind transformările simple din trigonometrie, putem afla suma semnalelor $a_M(t)$ și $a_N(t)$ (pentru simplitate vom scrie semnalele $M(t)$ și $N(t)$ fără a indica că sînt funcții de t):

$$\begin{aligned} a_m &= M \cos \omega_0 t + N \sin \omega_0 t = N \left(\frac{M}{N} \cos \omega_0 t + \sin \omega_0 t \right) = N (\operatorname{tg} \varphi \cos \omega_0 t + \\ &+ \sin \omega_0 t) = \frac{N}{\cos \varphi} \sin (\omega_0 t + \varphi), \end{aligned} \quad (7.8)$$

în care s-a notat:

$$\frac{M}{N} = \operatorname{tg} \varphi \quad (7.9)$$

Din relația (7.9) obținem:

$$\frac{N}{\cos \varphi} = \sqrt{M^2 + N^2} \quad (7.10)$$

Introducînd (7.10) în (7.9) obținem:

$$a_m = A \sin (\omega_0 t + \varphi) \quad (7.11)$$

în care:

$$A = \sqrt{M^2 + N^2} \quad (7.12)$$

Dacă notăm cu \vec{M} și \vec{N} , vectorii care reprezintă, respectiv, semnalele $M \cos \omega_0 t$ și $N \sin \omega_0 t$, atunci vectorul \vec{A} , care reprezintă semnalul $A \sin (\omega_0 t +$

$+\varphi$), este suma vectorilor \vec{M} și \vec{N} (fig. 7.2). În procesul de modulație, se modifică lungimile vectorilor \vec{M} și \vec{N} , conducând la modificarea lungimii vectorului sumă \vec{A} și a fazei acestui vector φ față de poziția vectorului \vec{N} . Rezultă, așadar, că modulația în cuadratură este o modulație de amplitudine și fază. După modulare, purtătoarea se suprimă.

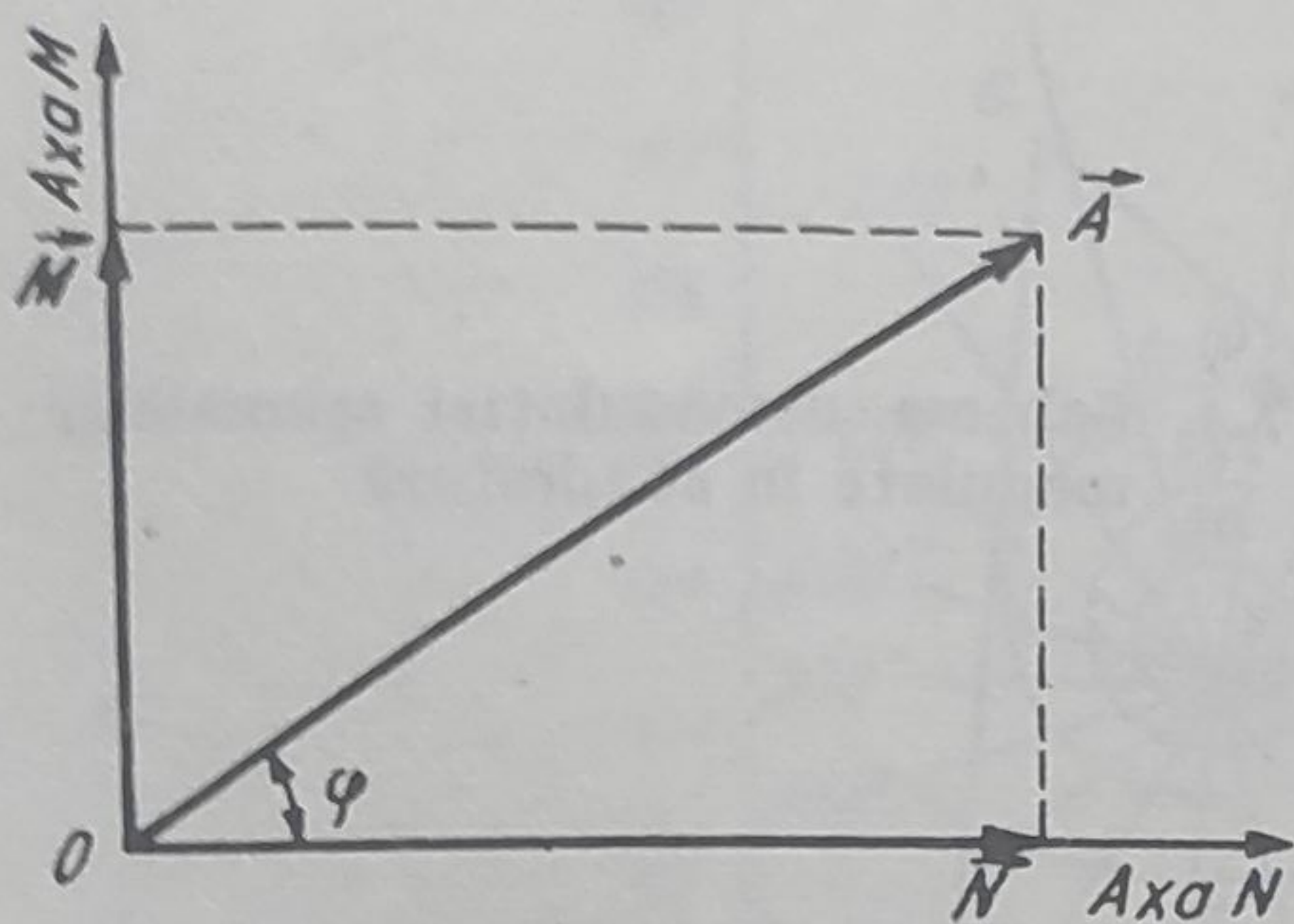


Fig. 7.2. Reprezentarea vectorului \vec{A} ca sumă a vectorilor \vec{M} și \vec{N} .

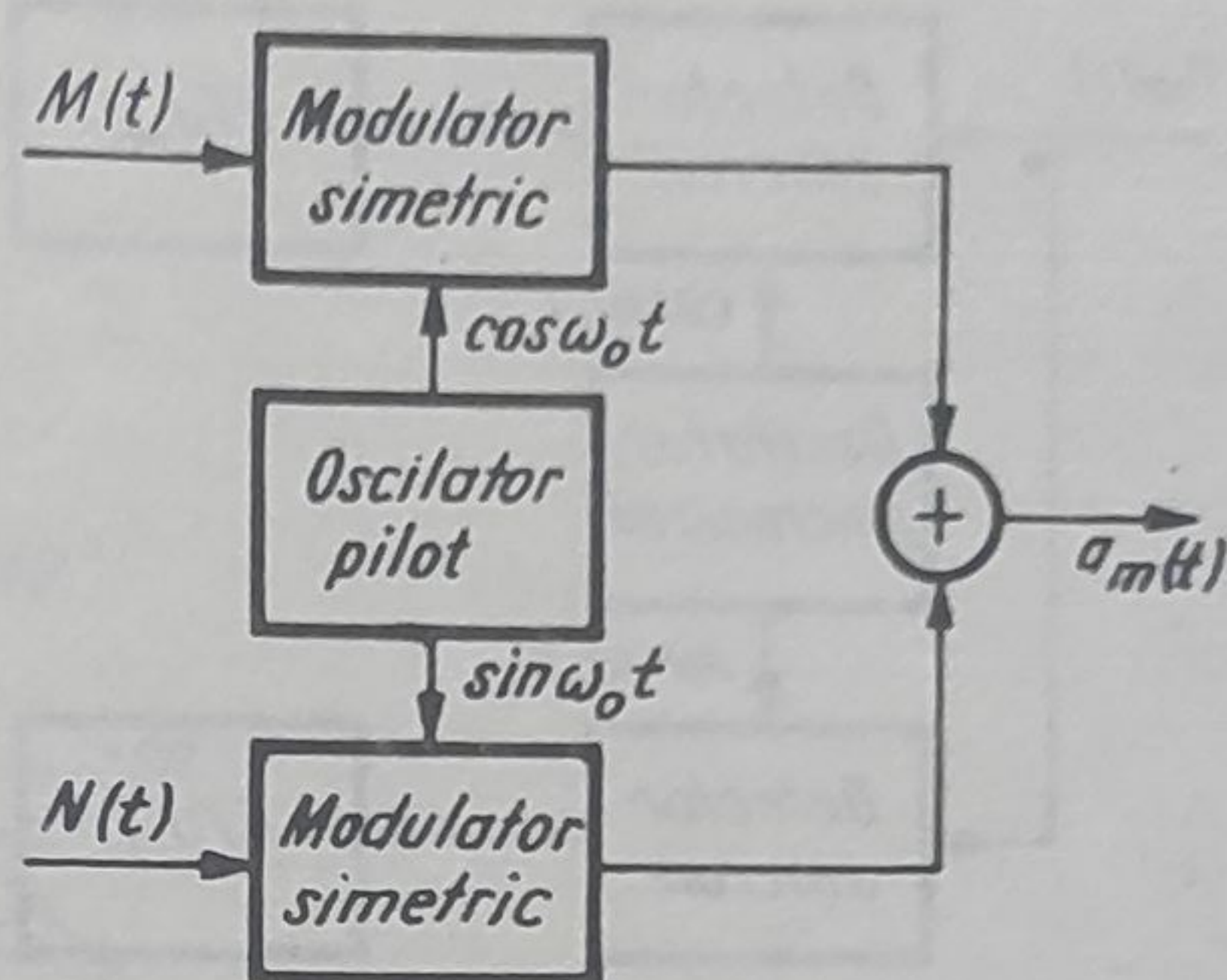


Fig. 7.3. Schema modulației în cuadratură a două semnale independente $M(t)$ și $N(t)$.

Din cele prezentate, rezultă schema bloc a modulației în cuadratură cu două semnale M și N , arătată în fig. 7.3.

DEMODULAREA SEMNALELOR ÎN CUADRATURĂ

Calcululele matematice simple care urmează ne conduc la schema de extragere a celor două informații M și N . Dacă înmulțim semnalul a_m cu $\cos \omega_0 t$ obținem:

$$a_m \cos \omega_0 t = M \cos^2 \omega_0 t + N \sin \omega_0 t \cos \omega_0 t = \frac{M}{2} + \frac{M}{2} \cos 2 \omega_0 t + \frac{N}{2} \sin 2 \omega_0 t, \quad (7.13)$$

deoarece:

$$\cos^2 \omega_0 t = \frac{1}{2} (1 + \cos 2 \omega_0 t)$$

$$\sin \omega_0 t \cos \omega_0 t = \frac{1}{2} \sin 2 \omega_0 t.$$

Dacă la ieșirea schemei în care s-a efectuat operația $a_m \cos \omega_0 t$ se conectează un filtru trece-jos, se obține doar componenta $\frac{M}{2}$.

În mod similar se obține componenta $\frac{N}{2}$, dacă înmulțim semnalul recepționat a_m cu semnalul $\sin \omega_0 t$.

În fig. 7.4 este prezentată schema bloc de demodulare a semnalului în cuadratură a_m . Modulul în care are loc operația de înmulțire se numește detector sincron. Frecvența purtătoare este reconstituită într-un oscilator local sincronizat în fază și frecvență de către un semnal special care trebuie transmis simultan cu semnalul util. Așa cum vom vedea, acest semnal se transmite pe timpul intervalului de stingere pe linii sub formă de câteva sinusoid.

În sistemul NTSC, semnalele modulatorie sînt E_I și E_Q (în loc de M și N), astfel încît relațiile (7.11), (7.12) și (7.8) se scriu:

$$U_C = E_C \sin(\omega_N t + \varphi), \quad (7.14)$$

$$E_C = \sqrt{E_I^2 + E_Q^2} \quad (7.15)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_I}{E_Q} \quad (7.16)$$

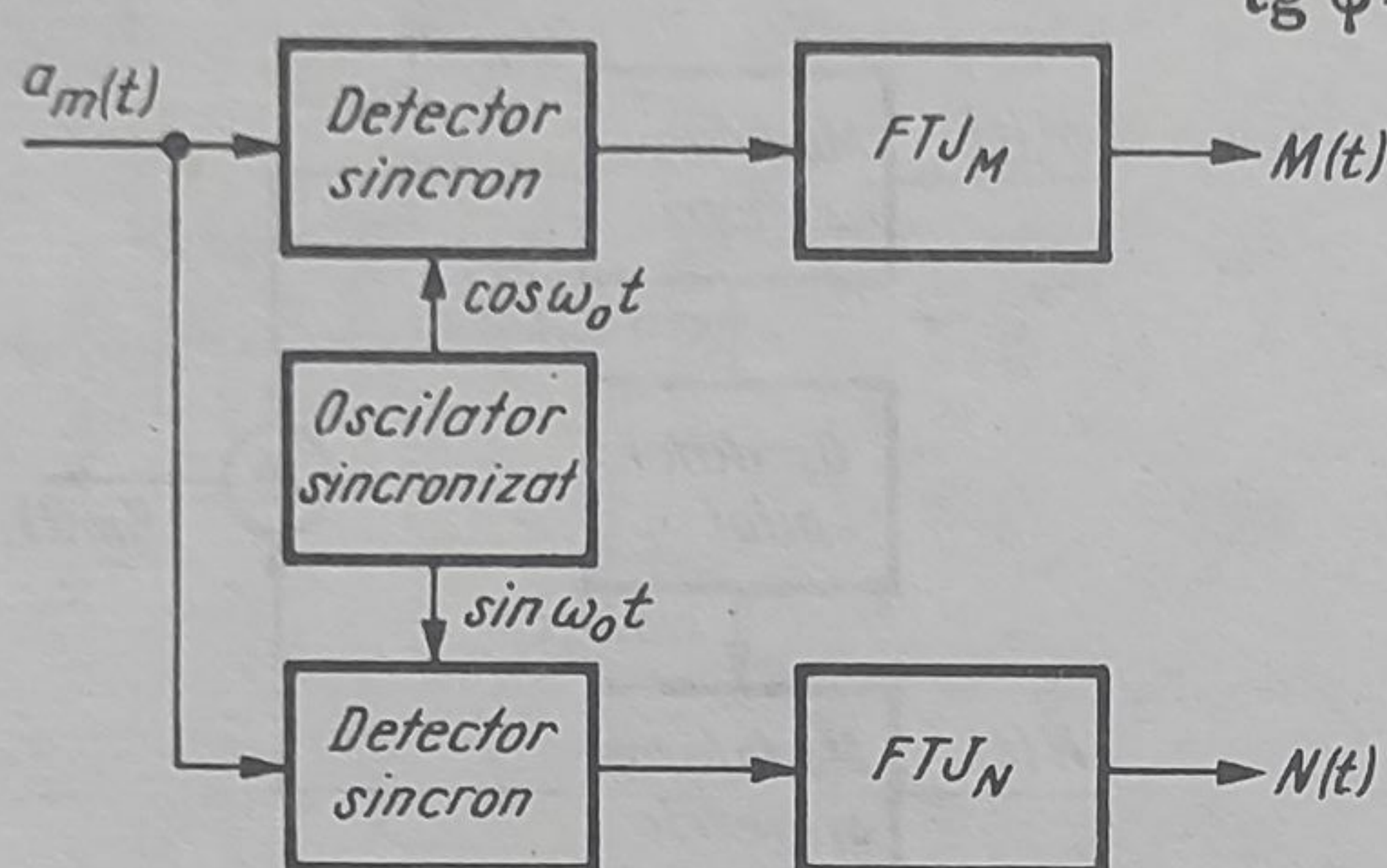


Fig. 7.4. Schema demodulației semnalelor modulate în cuadratură.

în care E_I și E_Q sînt semnalele de crominanță, iar f_N este subpurtătoarea semnalelor de crominanță sau subpurtătoarea de culoare (se introduce această denumire pentru a nu se confunda cu frecvențele purtătoare pentru semnalele de imagine și de sunet din emițător). Semnalul U_C va apărea în continuare sub denumirea de semnal de crominanță modulată (SCM).

COMPRESIA SEMNALELOR DE CROMINANȚĂ E_{R-Y} ȘI E_{B-Y}

Pentru a ajunge la alegerea semnalelor de crominanță E_I și E_Q , vom analiza mai întîi cazul modulației în cuadratură cu semnalele E_{R-Y} și E_{B-Y} .

$$U_0 = E_0 \sin(\omega_0 t + \varphi), \quad (7.17)$$

$$E_0 = \sqrt{E_{R-Y}^2 + E_{B-Y}^2} \quad (7.18)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \frac{E_{R-Y}}{E_{B-Y}} \quad (7.19)$$

Din relațiile (7.17) și (7.18) rezultă că modulația în cuadratură poate fi considerată ca o modulație a subpurtătoarei cu un semnal unic E_0 , obținut din semnalele de crominanță E_{R-Y} și E_{B-Y} dispuse în prealabil în cuadratură. Dacă se ține seama de relațiile (6.19), se poate calcula locul geometric al culorilor pentru care amplitudinea subpurtătoarei de culoare în raport cu semnalul de luminanță este constantă, adică:

$$\frac{E_0}{E_Y} = \sqrt{\left(\frac{E_{R-Y}}{E_Y}\right)^2 + \left(\frac{E_{B-Y}}{E_Y}\right)^2} = \rho(x, y) = \text{const.} \quad (7.20)$$

În mod similar se poate determina și locul geometric al culorilor cu faza subpurtătoarei constantă, utilizînd relația (7.19), adică:

$$\operatorname{arctg} \frac{E_{R-Y}}{E_{B-Y}} = \varphi(x, y) = \text{const.} \quad (7.21)$$

În fig. 7.5 sînt prezentate curbele $\rho(x, y) = \text{const.}$ și $\varphi(x, y) = \text{const.}$ din care rezultă că orice culoare poate fi determinată cu ajutorul amplitudinii și fazei subpurtătoarei de culoare. Mărimea razei polare determină saturația culorii, iar unghiul polar determină nuanța culorii. Rezultă că, culorile aflate

pe o curbă cu $\rho = \text{const.}$ au aceeași saturație, iar cele dispuse pe o dreaptă $\varphi = \text{const.}$ au aceeași nuanță. La reproducerea culorilor în televizor, distorsiunile amplitudinii relative a semnalului de cromaticitate modulată conduc la distorsiuni de saturație, în timp ce distorsiunile de fază conduc la distorsiuni de nuanță. Drept origine s-a considerat culoarea albului de referință „C”

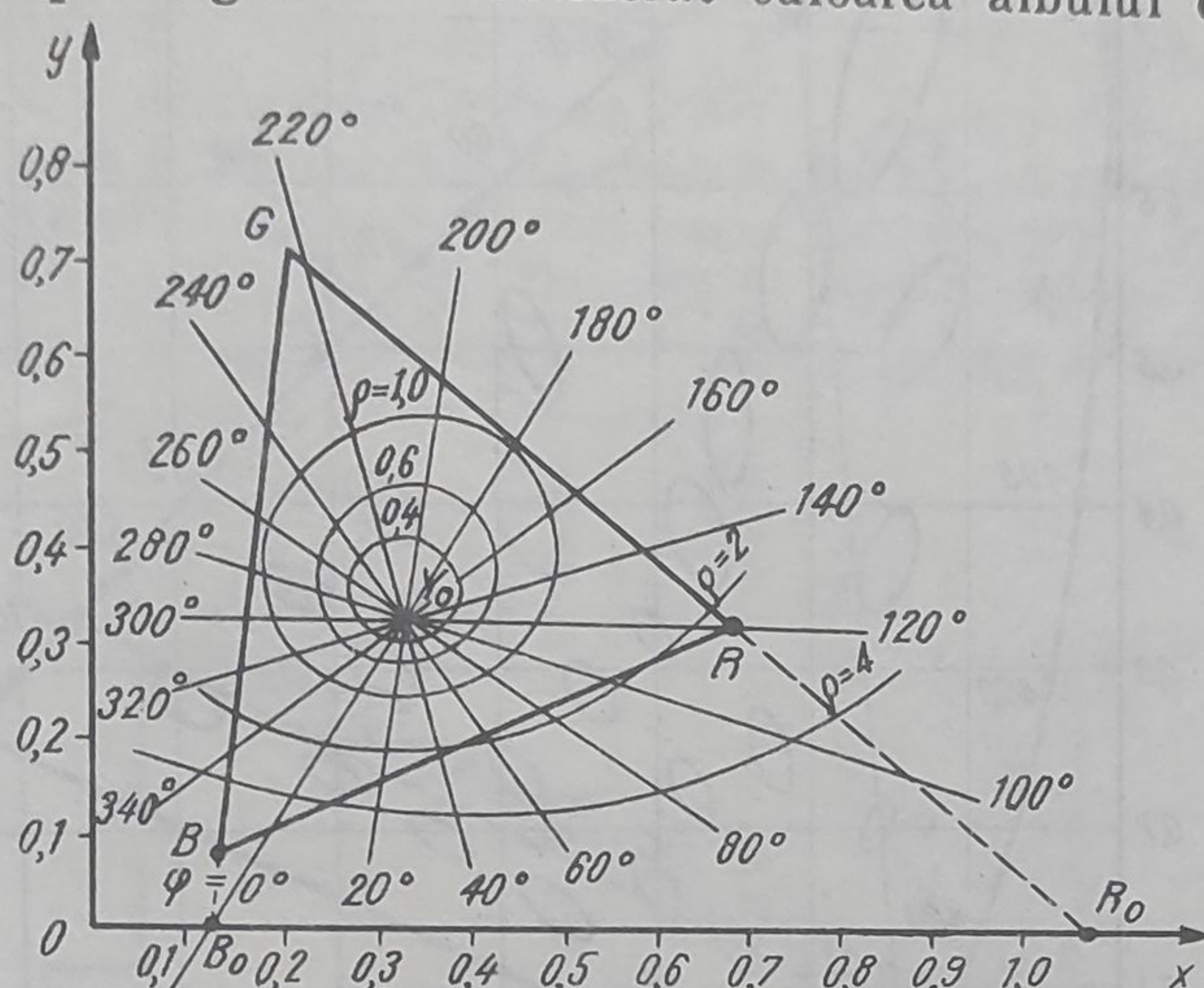


Fig. 7.5. Locul geometric al curbelor $\rho(x, y) = \text{const.}$ și $\varphi(x, y) = \text{const.}$

(punctul Y_0 în fig. 7.5), iar axa de polaritate s-a luat direcția pozitivă a axei Y_0B_0 ($B_0 = B - Y$).

La realizarea sistemelor de televiziune în culori cu modulație în cuadratură (sistemele NTSC și PAL) este de dorit ca la variații egale ale amplitudinii și fazei subpurtătoarei de culoare, care pot apărea în canalul de transmisie datorită perturbațiilor sau distorsiunilor semnalului, să corespundă distorsiunii vizuale egale ale saturației și nuanței, indiferent de culoarea transmisă. Pe de altă parte, se cunoaște că pragul de diferențiere a culorilor de către ochi este diferit pentru culori diferite. În fig. 7.6 sînt reprezentate elipsele, obținute experimental de Mac Adam în 1939, care indică locul geometric al punctelor de aceeași cromaticitate (saturație și nuanță).

Din compararea graficelor din figurile 7.5 și 7.6 rezultă că, pentru satisfacerea condițiilor enunțate mai sus, este necesar să se schimbe orientarea elipselor de amplitudine constantă și a densității relative a liniilor de fază constantă. Aceasta se poate realiza prin modificarea mărimii culorilor de referință $R - Y$ și $B - Y$, fără a schimba direcția axelor lor. Cercetările efectuate în etapa de elaborare a sistemului NTSC au condus la următoarele valori ale coeficienților de compresie ale culorilor de referință $R - Y$ și $B - Y$: $K_R = 0,877$ și $K_Y = 0,493$. În acest caz, relațiile (7.20) și (7.21) se scriu:

$$\rho = \sqrt{\left[\frac{0,877 (E_R - E_Y)}{E_Y} \right]^2 + \left[\frac{0,493 (E_R - E_Y)}{E_Y} \right]^2} \quad (7.22)$$

$$\varphi = \arctg 1,78 \frac{E_R - E_Y}{E_B - E_Y}$$

În fig. 7.7 sînt prezentate curbele $\rho(x, y) = \text{const.}$ și $\varphi(x, y) = \text{const.}$, calculate cu rel. (7.22), din care rezultă, printre altele, că cea mai mică modifi-

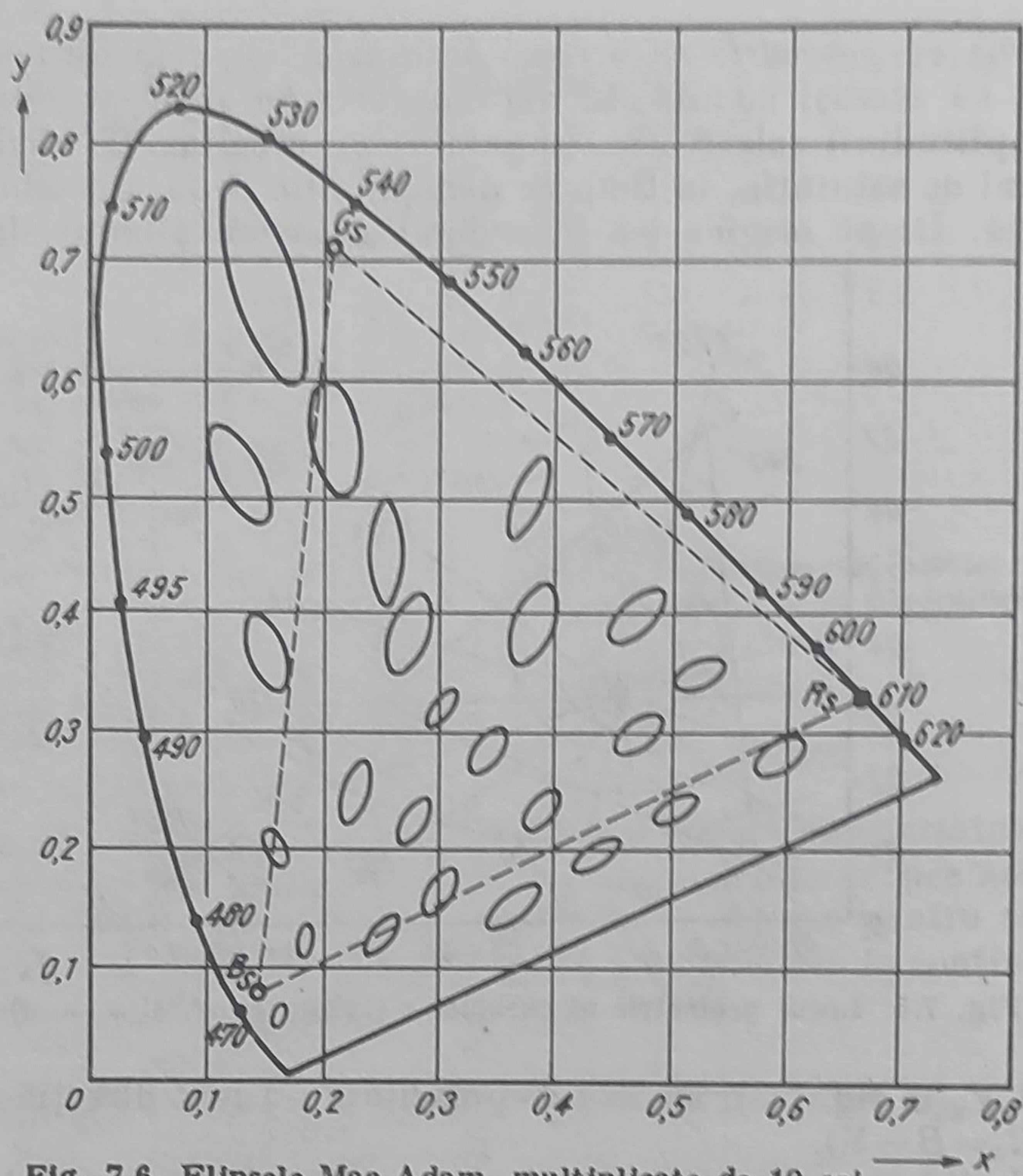


Fig. 7.6. Elipsele Mac Adam, multiplicat de 10 ori.

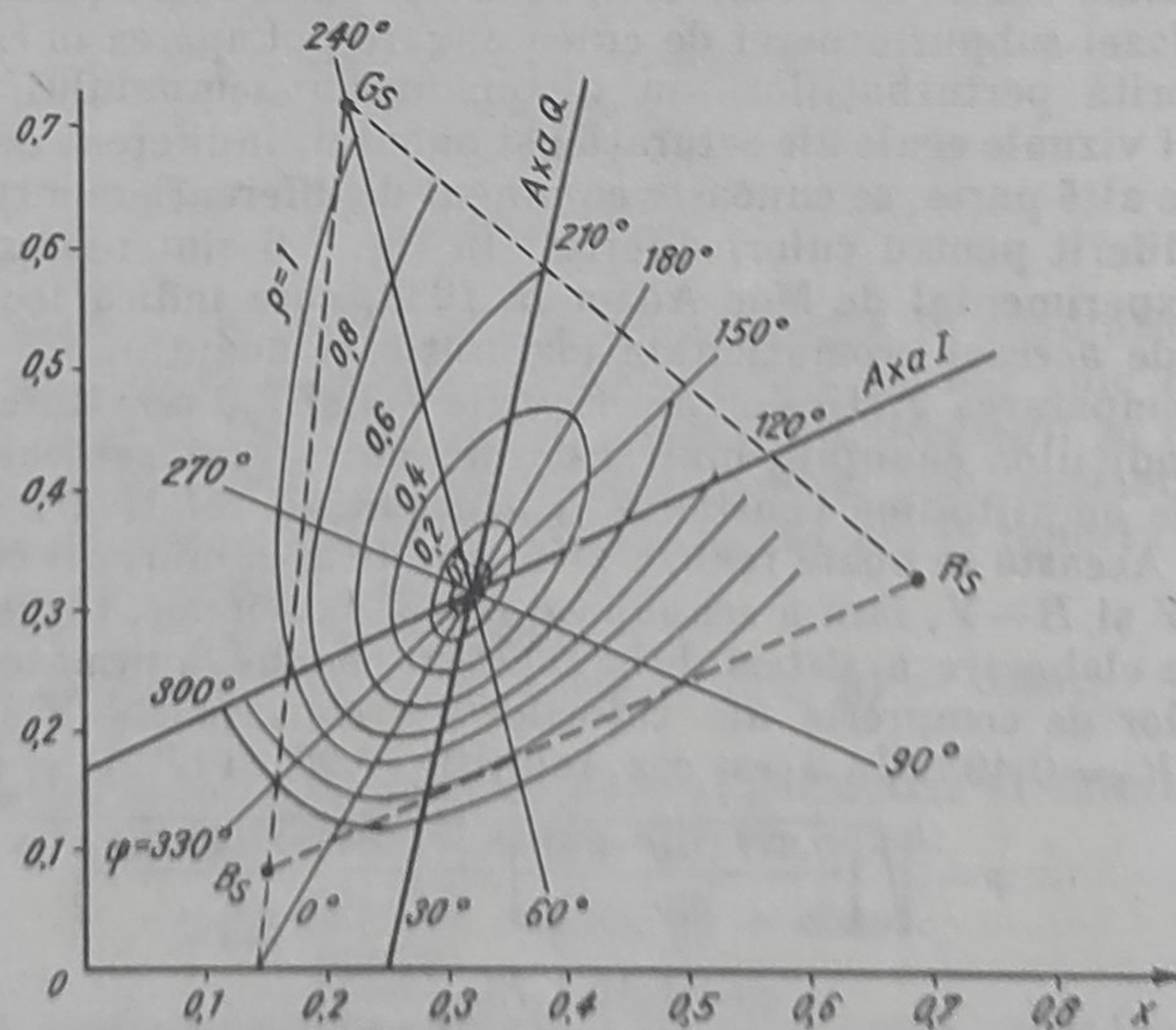


Fig. 7.7. Locul geometric al curbelor $\rho(x, y) = \text{const.}$ și $\varphi(x, y) = \text{const.}$ pentru $K_R = 0,877$ și $K_R = 0,493$.

care a fazei subpurtătoarei de culoare pe unitatea de lungime de pe grafic se află în regiunile culorilor galben și albastru. Aceasta s-a și dorit, deoarece se cunoaște că ochiul este foarte sensibil, de pildă, la modificări mici ale culorii din regiunea albastrului (se vede și din fig. 7.6).

Curbe asemănătoare cu cele din fig. 7.7 pot fi obținute și pentru altă combinație a valorilor coeficienților K_R și K_B . În cele ce urmează, vom motiva de ce s-au ales tocmai valorile $K_R=0,877$ și $K_B=0,493$.

Preluând datele din tabelul 6.2, putem calcula cu relația (7.18) amplitudinea subpurtătoarei pentru cele trei culori de referință (R, G, B) și pentru complementarele lor (C, M, Y). Rezultatul unui asemenea calcul este dat în graficul din fig. 7.8, b. Dar semnalul videocomplex de culoare (fig. 7.8, c)

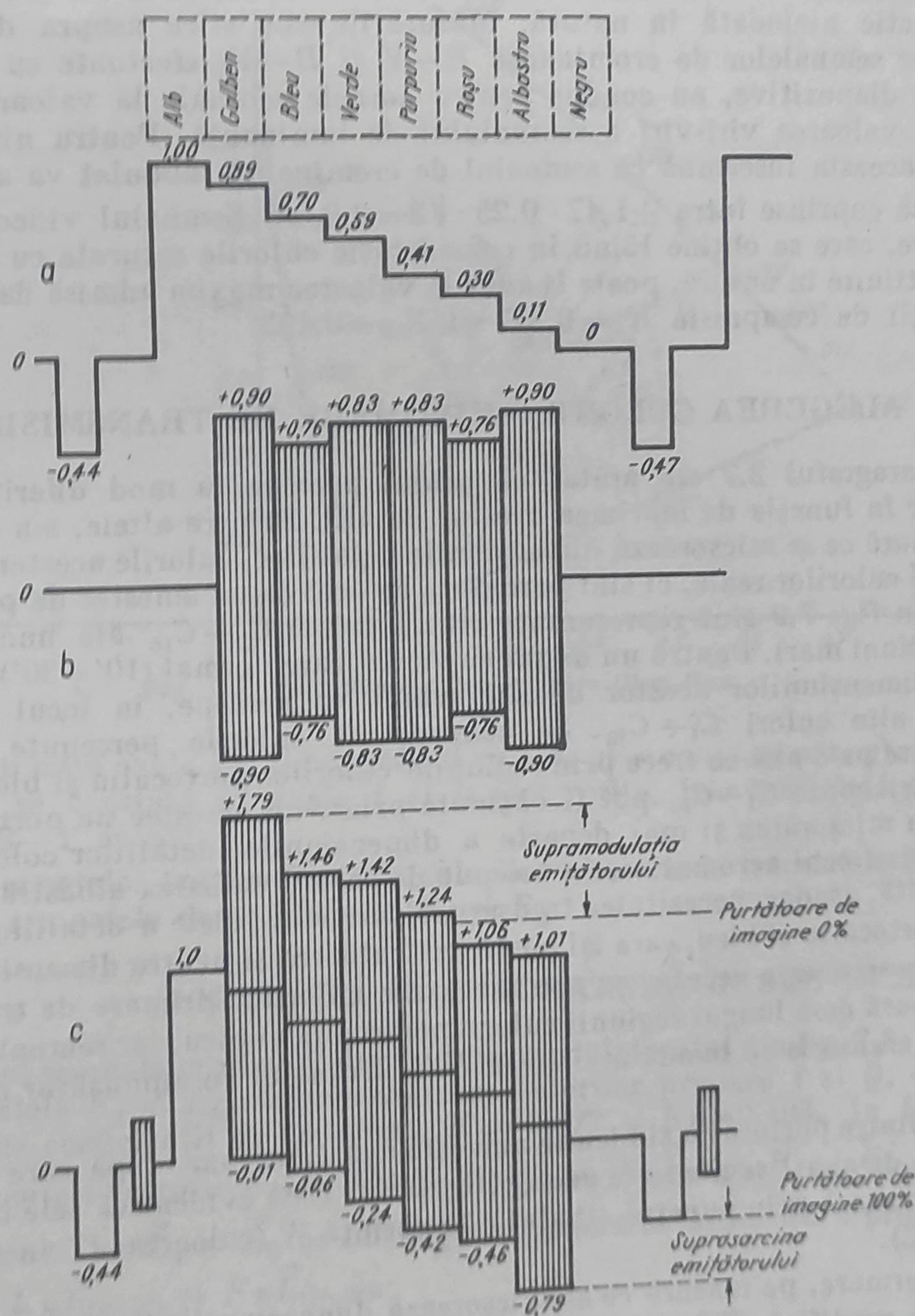


Fig. 7.8 Obținerea semnalului videocomplex de culoare: a — semnalul de luminanță; b — semnalul de crominanță modulată; c — semnalul videocomplex de culoare.

se obține prin însumarea semnalului de crominanță obținut (fig. 7.8, *b*) cu semnalul de luminanță (fig. 7.8, *a*, preluat din fig. 6.9). Din fig. 7.8, *c* se observă că semnalul video complex de culoare depășește valoarea maximă admisă. La modulația negativă din emițător, apare o supramodulație a purtătoarei de imagine în special pentru culorile saturate de galben, turcoaz și verde, conducând la distorsiuni mari la recepția acestor culori. De asemenea, semnalele corespunzătoare culorilor saturate de albastru, roșu și mov trec în spațiul rezervat impulsurilor de sincronizare (sub nivelul de stingere). Deci trebuie să efectuăm o compresie a amplitudinii semnalului de crominanță modulată.

La alegerea valorilor coeficienților de compresie K_R și K_B trebuie să mai ținem seama că, culorile saturate de strălucire maximă nu se întâlnesc în mod practic niciodată în natură. Măsurările statistice asupra distribuției mărimilor semnalelor de crominanță $R-Y$ și $B-Y$, efectuate cu o variată gamă de diapozitive, au condus pentru ambele semnale la valoarea de cca 25% din valoarea vîrf-vîrf a semnalului de luminanță. Pentru nivelele din fig. 7.8, aceasta înseamnă că semnalul de crominanță modulată va avea valorile limită cuprinse între $\pm 1,47 \cdot 0,25 \cdot \sqrt{2} = \pm 0,52$. Semnalul video complex de culoare, care se obține luînd în considerație culorile saturate cu strălucire limită întâlnite în natură, poate fi adus la valoarea maxim admisă dacă se aleg coeficienții de compresie $K_R=0,877$ și $K_B=0,493$.

ALEGEREA CULORILOR PRIMARE DE TRANSMISIE I ȘI Q

În paragraful 2.7 s-a arătat că ochiul percepe în mod diferit detaliile obiectelor în funcție de mărimea acestor detalii. Printre altele, s-a constatat că pe măsură ce se micșorează dimensiunile detaliilor, culorile acestora nu mai corespund culorilor reale, ci sînt percepute de ochi ca un amestec de portocaliu și bleu. În fig. 7.9 sînt reprezentate cîteva culori $C_1 \div C_{10}$ ale unor detalii de dimensiuni mari. Pentru un unghi de vizualizare normal ($10' - 20'$), la micșorarea dimensiunilor acestor detalii ochiul va percepe, în locul culorilor $C_1 \div C_{10}$, alte culori $C'_1 \div C'_{10}$. Se constată că culorile percepute $C'_1 \div C'_{10}$ sînt dispuse pe o axă ce trece prin regiunile culorilor portocaliu și bleu. Deci, culorile percepute $C'_1 - C'_{10}$ pot fi obținute printr-un amestec de portocaliu și bleu. Prin micșorarea și mai departe a dimensiunilor detaliilor colorate, ele devin pentru ochi acromatice, la început dispărînd culoarea albastră.

Rezultă, așadar, necesitatea transmiterii cît mai fidele a detaliilor cu nuanțe de portocaliu și bleu, care își păstrează culoarea și pentru dimensiuni mici. Pentru aceasta este necesar ca una din axele culorilor primare de transmisie să fie dispusă de-a lungul regiunii culorii portocaliu și bleu, iar semnalul rezultat să fie transmis cu bandă mai largă decît semnalul corespunzător celeilalte axe.

Axa dintre portocaliu și bleu se numește axa I , iar axa după care culorile se apropie de axa I se numește axa Q (fig. 7.9). Este evident că cele două axe trebuie să treacă prin punctul albului de referință W (culoarea „C” în standardul NTSC).

Prin urmare, pe măsură ce se micșorează dimensiunile detaliilor, culorile acestora se modifică mai întîi pe axa Q apropiindu-se de axa I apoi se modifică pe axa I , apropiindu-se de punctul W .

În sistemul NTSC, coordonatele tricromatice ale culorilor de transmisie I și Q în sistemul XYZ sînt:

$$\begin{aligned} x_I &= -0,333; y_I = 0; z_I = 1,333 \\ x_Q &= 0,245; y_Q = 0; z_Q = 0,755 \end{aligned} \quad (7.23)$$

Din relațiile (7.23) se observă că axele I și Q intersectează axa ox în punctele $(-0,333)$ și, respectiv, $(0,245)$ — fig. 7.10.

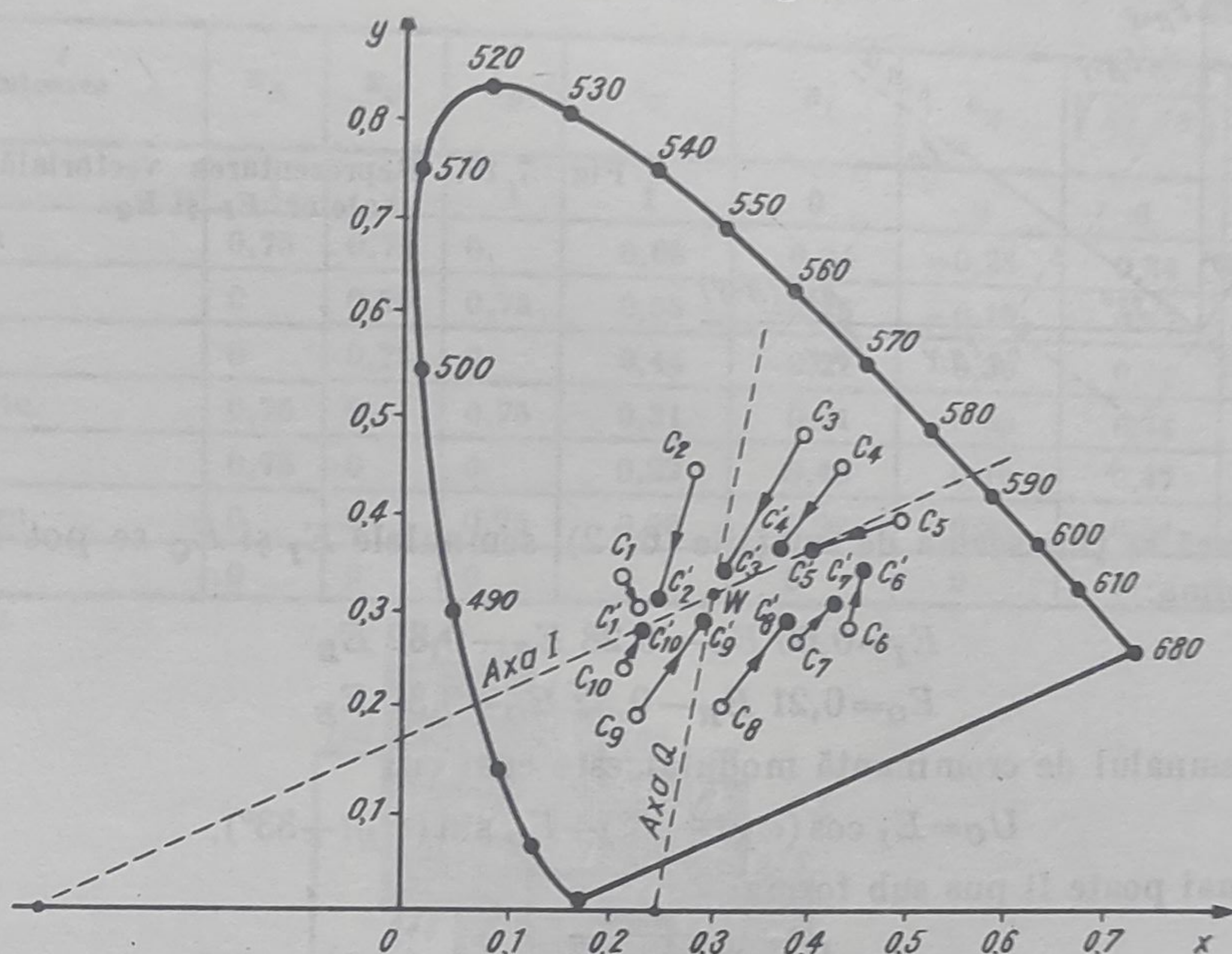


Fig. 7.9. Perceperea culorilor detaliilor fixe.

Dacă trasăm axele I și Q pe graficul cu $\rho(x, y) = \text{const.}$ și $\phi(x, y) = \text{const.}$ (fig. 7.7), se constată că axele I și Q sînt rotite, în avans, față de axele $R-Y$ și $B-Y$ cu 33° .

Componentelor tricromatice ale culorilor primare de transmisie I și Q le corespund semnalele de cromaticitate E_I și E_Q .

MODULAȚIA ÎN CUADRATURĂ ÎN SISTEMUL NTSC

În locul semnalelor M și N din schema modulatorului din fig. 7.3, se folosesc semnalele E_I și E_Q , corespunzătoare culorilor primare I și Q , care țin seama și de coeficienții de compresie $K_R = 0,877$ și $K_B = 0,493$. În fig. 7.10 sînt reprezentați vectorii \vec{E}_{R-Y} , \vec{E}_{B-Y} , $K_R \vec{E}_{R-Y}$, $K_B \vec{E}_{B-Y}$, \vec{E}_I și \vec{E}_Q . Amplitudinile vectorilor \vec{E}_I și \vec{E}_Q se obțin prin însumarea algebrică a proiecțiilor vectorilor $K_R \vec{E}_{(R-Y)}$ și $K_B \vec{E}_{(B-Y)}$:

$$\begin{aligned} E_I &= K_R E_{R-Y} \cos 33^\circ - K_B E_{B-Y} \sin 33^\circ \\ E_Q &= K_R E_{R-Y} \sin 33^\circ - K_B E_{B-Y} \cos 33^\circ \end{aligned} \quad (7.24)$$

Înlocuind în aceste relații $\sin 33^\circ = 0,545$, $\cos 33^\circ = 0,839$, $K_A = 0,877$ și $K_B = 0,493$, obținem:

$$E_I = 0,74 E_{R-Y} - 0,27 E_{B-Y} \quad (7.25)$$

$$E_Q = 0,48 E_{R-Y} + 0,41 E_{B-Y}$$

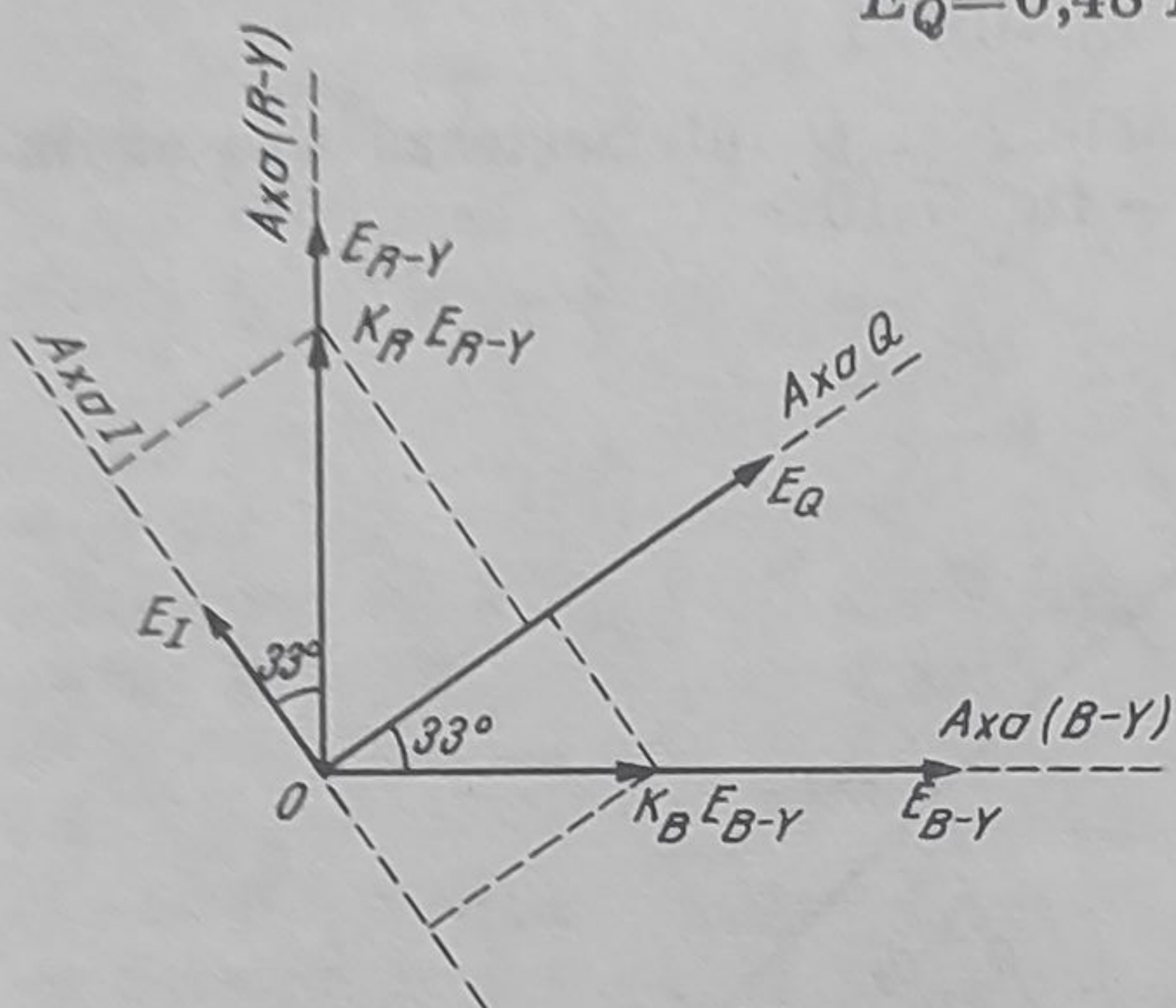


Fig. 7.10. Reprezentarea vectorială a semnalelor E_I și E_Q .

Dacă se ține seama de relațiile (6.12), semnalele E_I și E_Q se pot scrie și sub forma:

$$E_I = 0,60 E_R - 0,28 E_G - 0,32 E_B \quad (7.26)$$

$$E_Q = 0,21 E_R - 0,52 E_G + 0,31 E_B$$

Semnalul de cromaticitate modulată este egal cu:

$$U_C = E_I \cos(\omega_N t + 33^\circ) + E_Q \sin(\omega_N t + 33^\circ), \quad (7.27)$$

care mai poate fi pus sub forma:

$$U_C = \sqrt{E_I^2 + E_Q^2} \sin(\omega_N t + \varphi), \quad (7.28)$$

în care:

$$\varphi = \arctg 33^\circ + \arctg \frac{E_I}{E_Q} \quad (7.29)$$

În tabelul 7.1 sînt prezentate rezultatele calculului amplitudinii și fazei subpurtătoarei de culoare pentru culorile de saturație maximă (100%) ale barelor color.

Tabelul 7.1

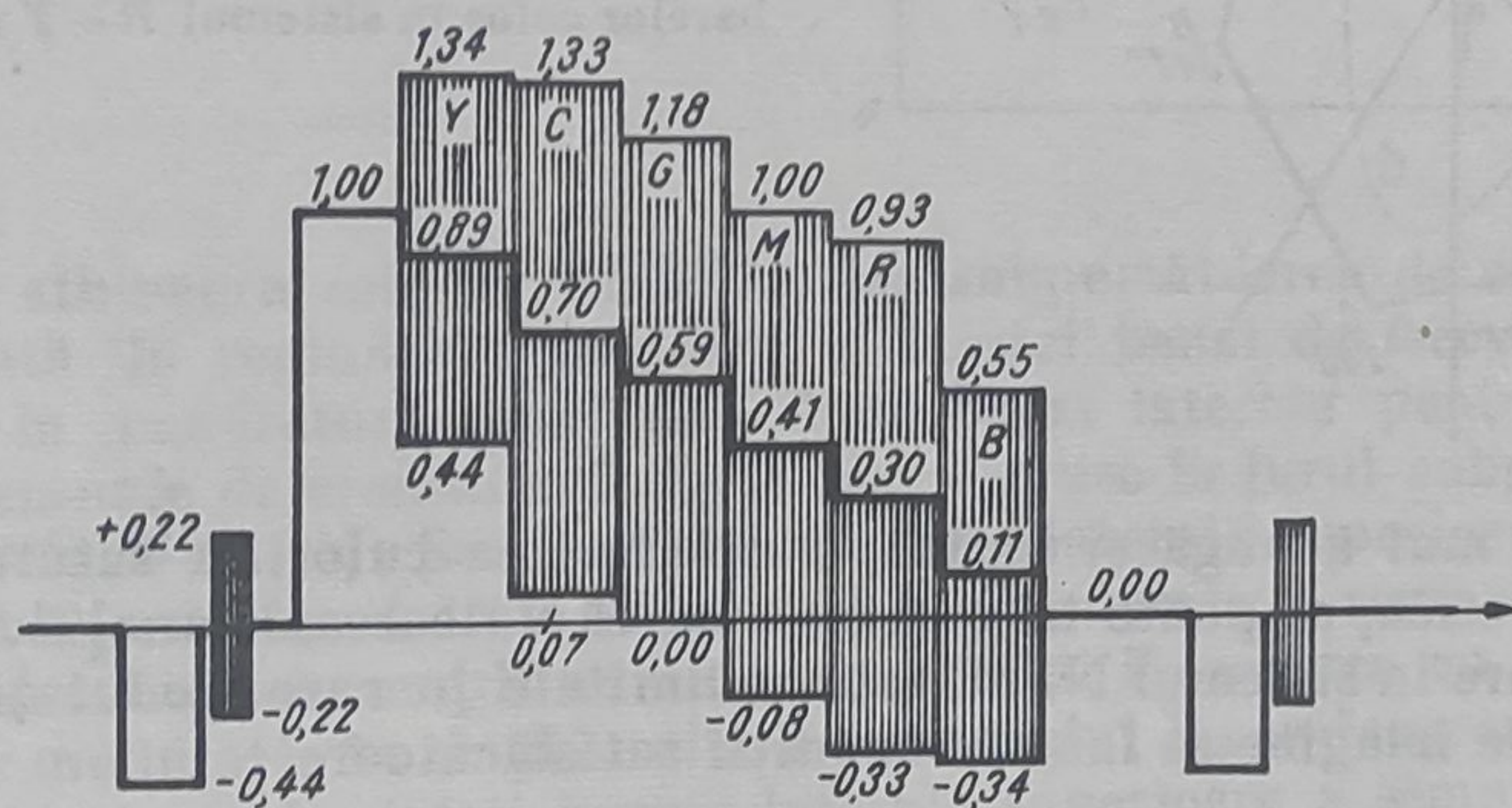
Culoarea	E_R	E_G	E_B	E_Y	E_I	E_Q	$\sqrt{E_I^2 + E_Q^2}$	φ
Alb	1	1	1	1	0	0	0	33°
Galben	1	1	0	0,89	0,32	-0,31	0,45	167°
Bleu	0	1	1	0,70	-0,60	-0,21	0,63	284°
Verde	0	1	0	0,59	-0,28	-0,52	0,59	241°
Purpuriu	1	0	1	0,41	0,28	0,52	0,59	61°
Roșu	1	0	0	0,30	0,60	0,21	0,63	104°
Albastru	0	0	1	0,11	-0,32	0,31	0,45	347°
Negru	0	0	0	0	0	0	0	33°

În fig. 7.11, a este reprezentată forma semnalului videocomplex de culoare pentru culorile barelor color, cu saturație și strălucire maxime.

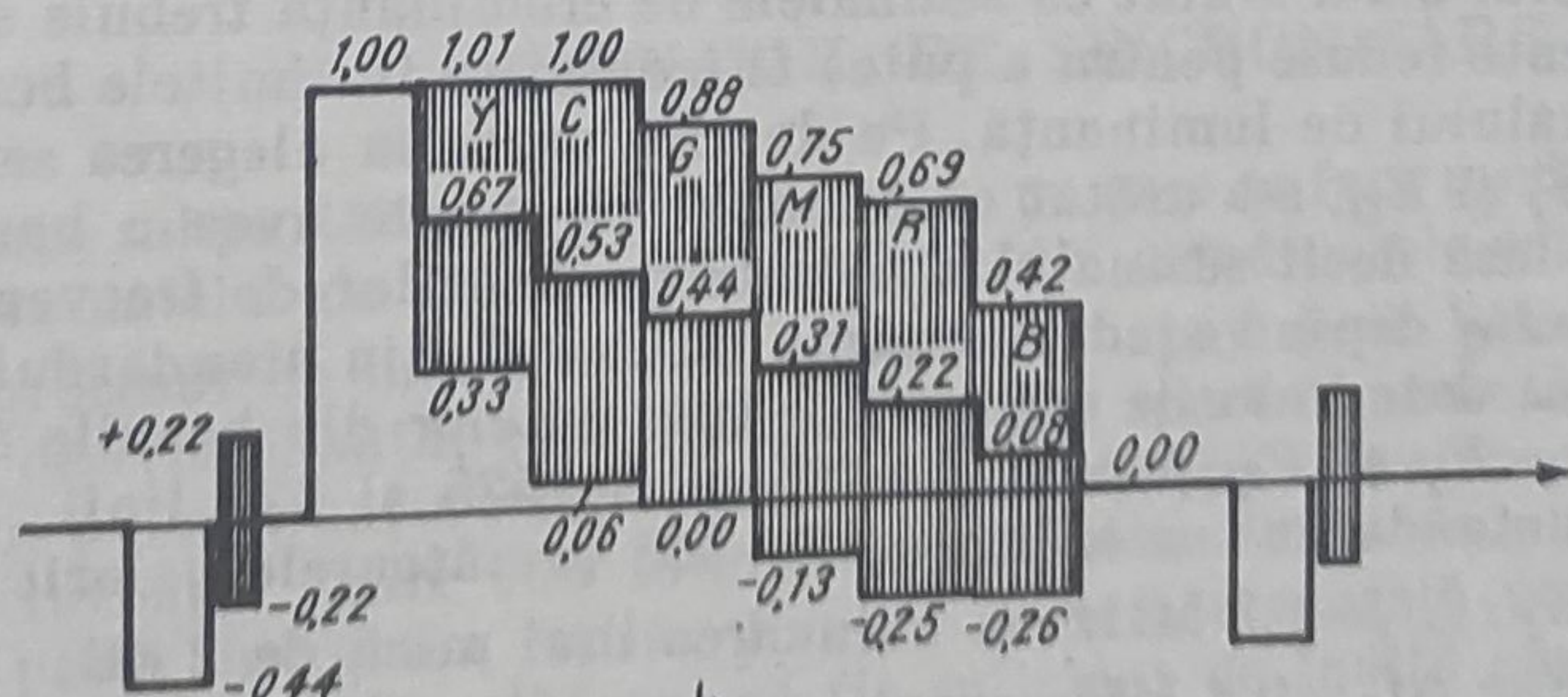
Calculul din tabelul 7.1 poate fi repetat pentru culorile barelor color cu saturație 75%. Rezultatul unui asemenea calcul este dat în tabelul 7.2, iar în fig. 7.11, b este dată forma semnalului video-complex de culoare pentru culorile barelor color cu saturație și strălucire 75%.

Tabelul 7.2

Culoarea	E_R	E_G	E_B	E_Y	E_I	E_Q	$\sqrt{E_I^2 + E_Q^2}$	φ
Alb	1	1	1	1	0	0	0	33°
Galben	0,75	0,75	0	0,66	0,24	-0,23	0,34	167°
Bleu	0	0,75	0,75	0,53	-0,45	-0,16	0,47	284°
Verde	0	0,75	0	0,44	-0,21	-0,39	0,44	241°
Purpuriu	0,75	0	0,75	0,31	0,21	0,39	0,44	61°
Roșu	0,75	0	0	0,22	0,45	0,16	0,47	104°
Albastru	0	0	0,75	0,09	-0,24	0,23	0,34	347°
Negru	0	0	0	0	0	0	0	0



a



b

Fig. 7.11. Semnalul videocomplex de culoare NTSC și PAL al barelor color: a — cu amplitudine 100%; b — cu amplitudine 75%.

REPREZENTAREA CULORILOR ÎNTR-UN SISTEM CARTEZIAN

Orice culoare poate fi reprezentată într-un sistem de axe rectangulare considerînd axa ($E_B - E_Y$) drept axă de referință ($\varphi = 0$). Fiecare culoare este reprezentată printr-un punct (sau printr-un vector). Distanța de la origine la punct (modulul vectorului, adică $\sqrt{E_I^2 + E_Q^2}$) reprezintă saturația culorii, iar unghiul φ dintre axa de referință și dreapta ce unește originea cu punctul dat reprezintă nuanța culorii. Se obține astfel o reprezentare vectorială (vectorscopică) a semnalului de cromaticitate în sistemul NTSC (fig. 7.12). Prin curba 1 sînt reprezentate culorile barelor color de saturație maximă (pe baza datelor din tabelul 7.1), iar curba 2 include zona probabilă a culorilor imaginilor mobile. Și din acest grafic se constată că saturația culorilor întîlnite în natură este sub valoarea teoretică, în special în zona culorilor albastre.

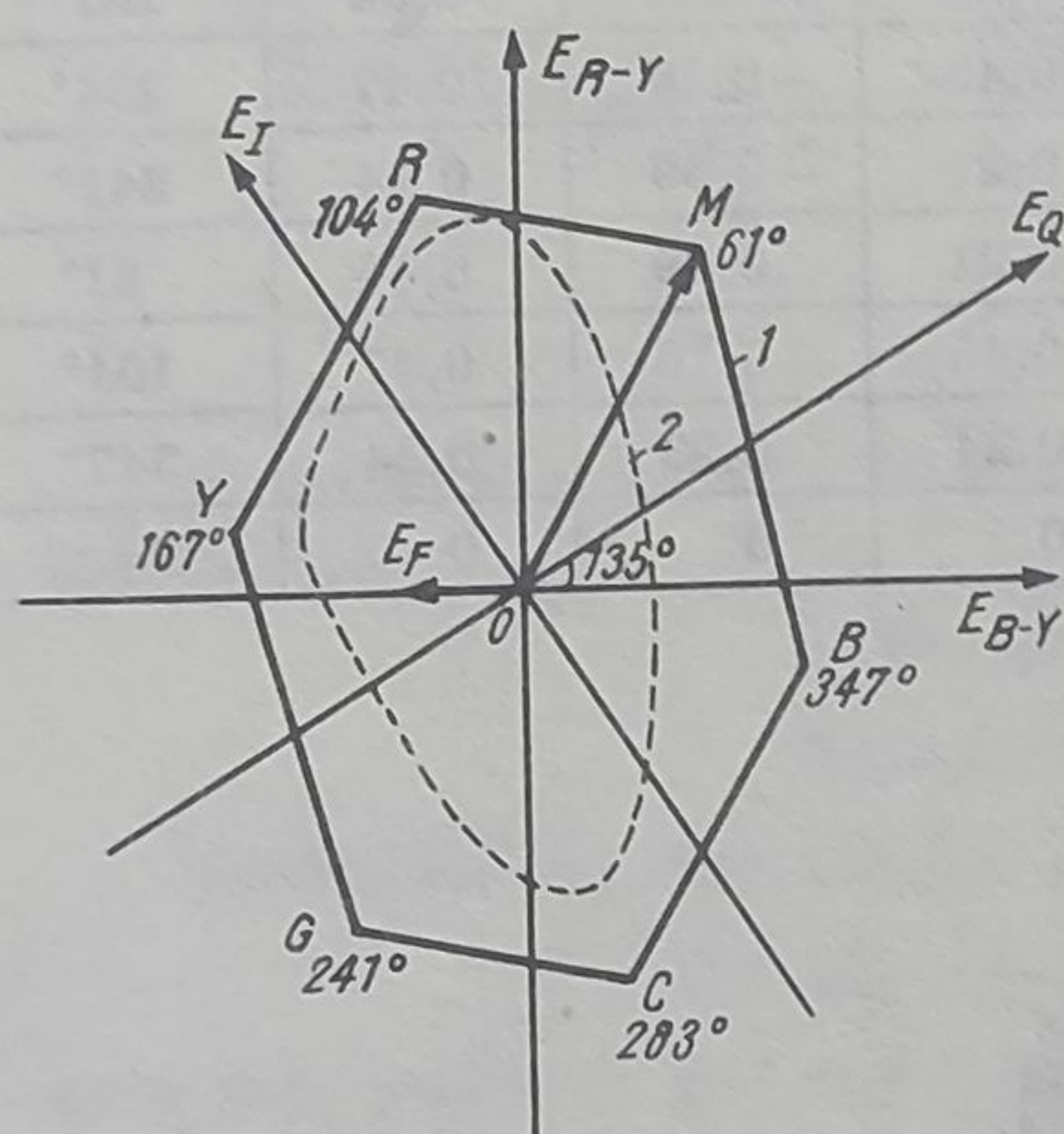


Fig. 7.12. Reprezentarea vectorscopică a semnalului barelor color în sistemul $R - Y$ și $B - Y$

Dacă se mai adaugă și faptul că strălucirea culorilor saturate este sub valoarea teoretică, se poate trage concluzia că valoarea semnalului videocomplex de culoare în sistemul NTSC este în limitele în care modulația frecvenței purtătoare de imagine se face în condiții satisfăcătoare.

BANDA DE FRECVENȚĂ A SEMNALELOR DE CROMINANȚĂ

În capitolul 6 s-a arătat că semnalele de cromaticitate trebuie să aibă benzile de frecvențe reduse pentru a putea fi transmise în limitele benzii de frecvență a semnalului de luminanță. Pe de altă parte la alegerea semnalelor de cromaticitate E_I și E_Q , s-a arătat că semnalul E_Q poate avea o bandă de frecvență mai redusă decât semnalul E_I . Valorile benzilor de frecvență ale semnalelor E_I și E_Q depind și de numărul liniilor Z din standardul folosit. În tabelul 7.3 sînt date valorile atenuărilor frecvențelor din benzile de frecvență ale semnalelor E_I și E_Q pentru $Z=405$ și $Z=525$ și 625 linii. Rezultă, de pildă, pentru standardul american cu $Z=525$ următoarele valori:

semnal E_I : $\Delta f_I = 1,3$ MHz cu atenuarea mai mică de 2 dB;

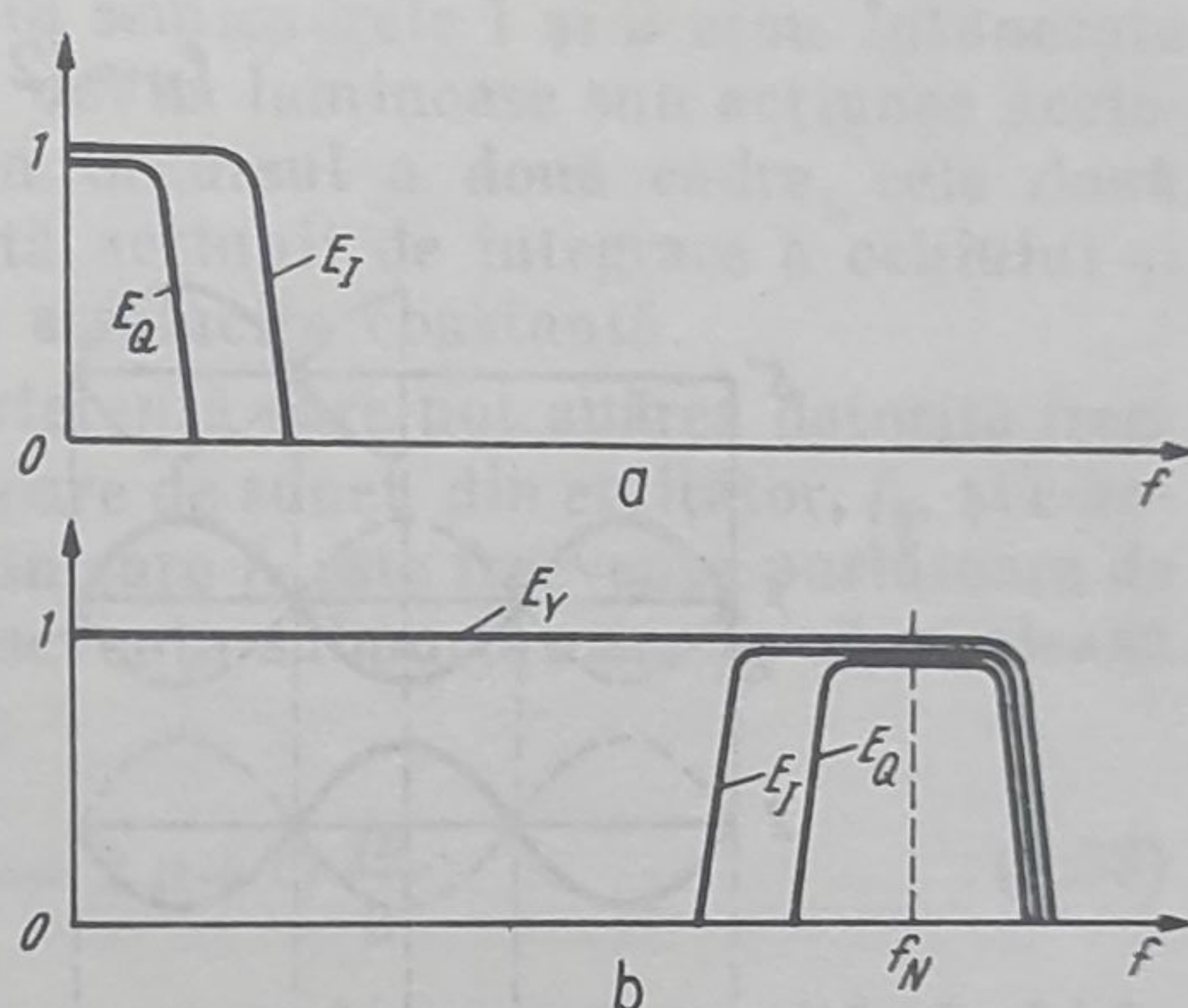
semnal E_Q : $\Delta f_Q = 0,4$ MHz cu atenuarea mai mică de 2 dB.

La alegerea benzilor de frecvență ale semnalelor de cromaticitate E_I și E_Q s-a ținut seama și de faptul că în standardul american banda de frecvență a

Tabelul 7.3.

Semnalul E_I			Semnalul E_Q		
$Z=405$	$Z=525$ $Z=625$	Atenuare	$Z=405$	$Z=525$ $Z=625$	Atenuare
1 MHz	1,3 MHz	< -2 dB	0,3 MHz	0,4 MHz	< -2 dB
2,5 MHz	3,6 MHz	≥ -20 dB	0,45 MHz	0,6 MHz	≥ -6 dB

Fig. 7.13. Benzile de frecvență ale semnalelor de luminanță și crominanță: *a* — pentru semnalul de crominanță E_I și E_Q ; *b* — pentru semnalul de luminanță E_Y și semnalele de crominanță modulate E_I și E_Q .



semnalului alb-negru este de 4,5 MHz, iar subpurătoarea de culoare trebuie să fie plasată în regiunea superioară a acestei benzi de frecvență. În urma modulației în cuadratură, apar câte două benzi laterale pentru fiecare din cele două semnale de crominanță E_I și E_Q , dispuse în jurul subpurătoarei de culoare f_N (fig. 7.19, *b*). Se observă că banda laterală superioară a semnalului modulat E_I este limitată la valoarea benzii laterale a semnalului modulat E_Q . Deci, modulația în amplitudine a semnalului E_I se face cu rest de bandă laterală, iar modulația în amplitudine a semnalului E_Q se face cu dublă bandă laterală. Din cauza limitării benzii laterale superioare a semnalului E_I vor apărea la recepție distorsiuni, cunoscute sub denumirea de distorsiuni de cuadratură.

SEMNALUL DE SINCRONIZARE A CULORII

Frecvența subpurătoarei de culoare, f_N , cu care se face modulația în cuadratură a semnalelor de crominanță se alege din următoarele considerente:

1. În procesul de modulație în cuadratură apar două benzi laterale ale semnalului de crominanță, care, introduse peste spectrul semnalului de luminanță, devin o perturbație pentru acesta la recepția pe televizoarele alb-negru. Această perturbație apare sub forma unei structuri fine de puncte, care se suprapune peste imaginea utilă. Pentru a reduce această perturbație este necesar ca frecvența subpurătoare să fie suficient de înaltă pentru ca structura perturbației să fie cât mai fină (pentru a nu fi percepută de ochi). Pe de altă parte, frecvența f_N trebuie să fie mai mică decât frecvența maximă a semnalului de luminanță ($f_L=4,5$ MHz în standardul american), astfel încât banda

laterală superioară a semnalului de crominanță să se afle în interiorul benzii de 4,5 MHz, adică:

$$f_N \leq 4,5 - 0,6 = 3,9 \text{ MHz.} \quad (7.30)$$

2. O altă metodă de reducere a perturbației semnalului de crominanță asupra imaginii alb-negru constă în a alege valoarea frecvenței subpurtătoare astfel încât componentele spectrale ale celor două benzi laterale ale semnalului de crominanță modulat să cadă între componentele spectrale ale semnalului de luminanță (așa cum rezultă din fig. 6.11). Pentru a realiza această intercalare de spectre, frecvența subpurtătoare f_N trebuie să fie egală cu un multiplu impar al jumătății frecvenței de linii, adică:

$$f_N = (2k+1) \frac{f_H}{2} \quad (7.31)$$

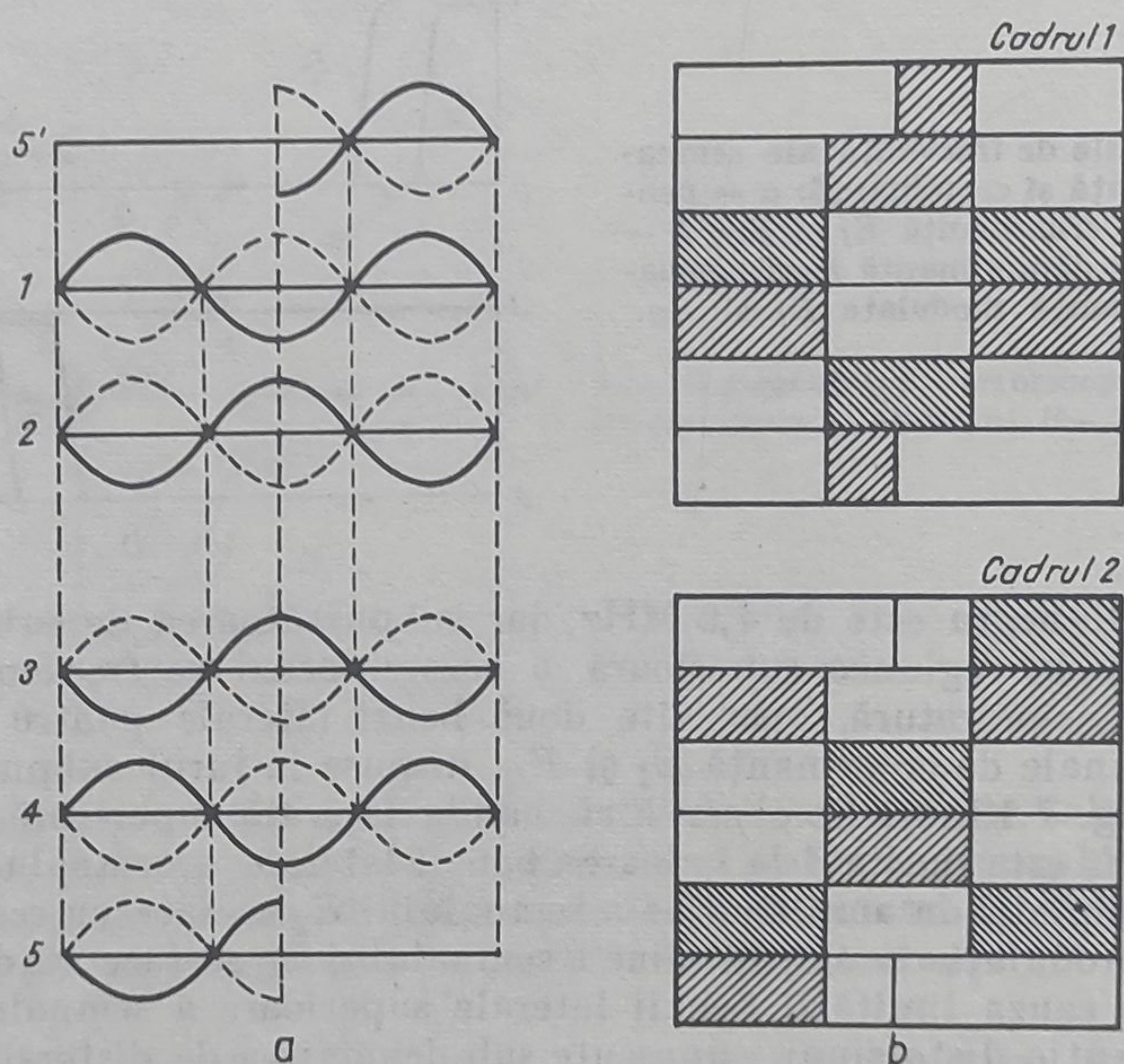


Fig. 7.14. Ilustrarea fenomenului de compensare a perturbației subpurtătoarei.

În acest caz, frecvența subpurtătoare este egală și cu un multiplu impar al jumătății frecvenței de cadre, adică:

$$f_N = (2p+1) \frac{f_V}{2} \quad (7.32)$$

Conform relației (7.31) componentele spectrale ale semnalului de crominanță modulat se vor plasa la mijlocul intervalelor dintre armonicile frecvenței liniilor în punctele de la mijlocul intervalelor dintre armonicile frecvenței cadrelor, așa precum rezultă din relația (7.32). Dacă notăm perioada frecvenței subpurtătoare cu T_N ($T_N = \frac{1}{f_N}$) și perioada frecvenței de linii cu

T_H ($T_H = \frac{1}{f_H}$), din relația (7.31) rezultă:

$$T_H = kT_N + \frac{T_N}{2}, \quad (7.33)$$

adică pe o linie de rastru se suprapune un număr întreg de perioade ale frecvenței subpurtătoare plus o jumătate de perioadă din aceasta. În fig. 7.14, *a* este arătat acest fenomen pentru liniile cîmpului impar (liniile 1, 3, 5, ...) și ale cîmpului par (liniile 5', 2, 4, ...). Pentru ilustrarea fenomenului s-a ales $k=1$. Se observă că frecvența subpurtătoare pe liniile pare este deplasată în fază cu 180° față de frecvența subpurtătoare pe liniile impare. Imaginile produse de această perturbație sînt arătate în fig. 7.14, *b*, din care rezultă că imaginea completă este compusă din două cadre (4 semicadre), după care se repetă. Prin urmare, acele porțiuni care în semicadrele 1 și 2 erau întunecate datorită perturbației, în cîmpurile 3 și 4 devin luminoase sub acțiunea aceleiași perturbații. Aceasta înseamnă că în decursul a două cadre, cele două imagini se vor compensa reciproc datorită acțiunii de integrare a ochiului și observatorul le percepe ca o imagine cu strălucire constantă.

3. Pentru a reduce riscurile de interferență care pot apărea datorită frecvenței bătailor f_b dintre frecvența purtătoare de sunet din emițător, f_s , și componentele laterale ale spectrului, $f_i + f_N$ (în care f_i este frecvența purtătoare de imagine din emițător), este necesar ca frecvența subpurtătoare f_N să se aleagă dintr-o relație similară cu relația (7.30):

$$f_b = f_s - (f_i + f_N) = (2n+1) \frac{f_H}{2} \quad (7.33)$$

Întrucît sunetul se transmite cu modulație de frecvență, rezultă că și bătaile vor avea structura modulației de frecvență. Dacă diferența $f_s - f_i$ se menține cu o precizie de ± 1 KHz, atunci frecvențele bătailor pot fi păstrate la mijlocul armonicilor frecvenței liniilor.

Întrucît ecartul între purtătoarele de imagine și sunet este impus, frecvențele de linii și cadre (cîmpuri) pot să difere de valorile standardului de televiziune alb-negru cu amendamentul ca diferența să fie sub toleranța impusă sistemului.

Din considerentul de mai sus, în sistemul NTSC frecvența subpurtătoare s-a ales ca fiind egală cu:

$$f_N = 3,579545 \text{ MHz}, \quad (7.34)$$

ceea ce reprezintă a 455-a armonică a jumătății frecvenței liniilor. Prin urmare, frecvența de linii f_H în sistemul de televiziune în culori NTSC este:

$$f_H = \frac{2 f_N}{2m+1} = \frac{2 \cdot 3,579545}{455} = 15734,264 \text{ Hz} \quad (7.35)$$

deci diferă cu mai puțin de 0,1% față de frecvența de linii de 15750 Hz utilizată în standardul american de televiziune alb-negru (conform acestui standard, stabilitatea frecvenței de linii trebuie să fie mai mică de 1%). Și frecvența de cîmpuri (care se obține egală cu 59,94 Hz) este foarte apropiată de frecvența de 60 Hz, utilizată în televiziunea alb-negru americană.

Conform standardului NTSC, stabilitatea frecvenței subpurtătoare trebuie să fie mai bună de $\pm 0,0003\%$ (adică ± 10 Hz), iar viteza de modificare a acestei frecvențe trebuie să fie mai mică de 0,1 Hz/s.

Pentru obținerea semnalelor de crominanță prin demodulare, este necesar ca în receptor să se dispună de frecvența subpurtătoare. Întrucât modularea semnalelor de crominanță se face la emisie cu subpurtătoarea suprimată, aceasta trebuie obținută în receptor cu ajutorul unui generator local. Frecvența și faza acesteia trebuie să fie identice cu frecvența și faza subpurtătoarei cu care se face modulația. Pentru realizarea acestei cerințe, în componența semnalului

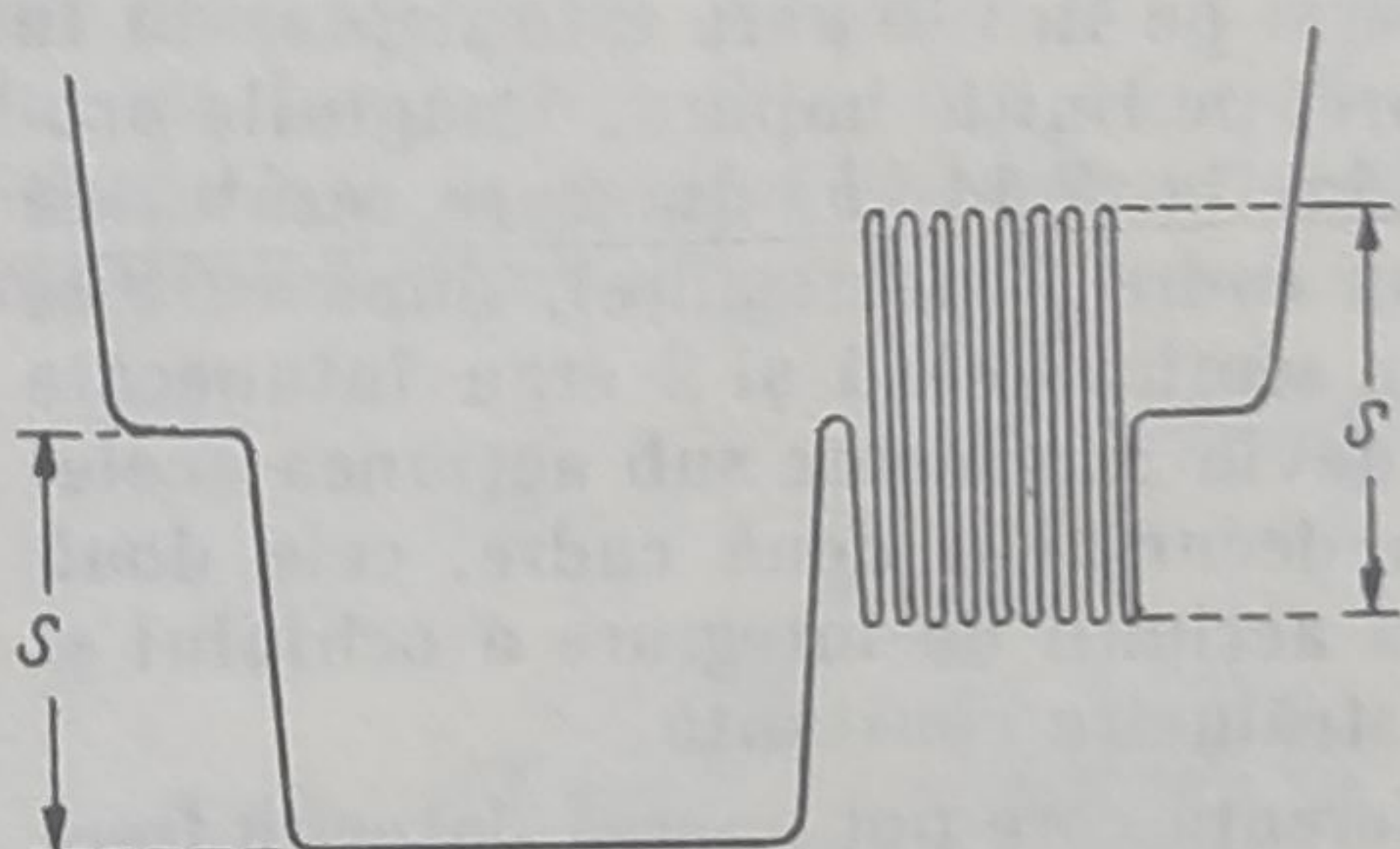


Fig. 7.15. Semnalul de sincronizare a culorii în sistemul NTSC.

videocomplex de culoare se transmite, pe timpul intervalului impulsului de stingere pe orizontală (după impulsurile de sincronizare), un semnal de sincronizare a culorii de forma unor salve de sinusoidale (fig. 7.15). Aceste salve cuprind aproximativ 8 perioade de semnal sinusoidal având frecvența subpurtătoarei și un defazaj de 180° în raport cu axa de referință $B-Y$ (fig. 7.12). Se demonstrează că defazajul de 180° este optim din punctul de vedere al reducerii vizibilității subpurtătoarei pe ecranul unui televizor. Valoarea vîrf-vîrf a acestor salve de sinusoidale este egală cu valoarea componentei semnalului de sincronizare. În intervalul din timpul impulsului de stingere pe verticală, în care se transmit impulsurile de egalizare și impulsurile de crestare, semnalul de sincronizare a culorii nu se transmite.

Avînd în vedere că semnalul de sincronizare a culorii se transmite din linie în linie, spectrul acesteia este format din oscilația subpurtătoarei și din oscilații laterale dispuse la intervale egale cu frecvența liniilor. Așadar, pentru transmiterea radiodifuzată a semnalului de sincronizare este necesar un canal cu banda de frecvență de $\pm 0,45$ MHz (adică de la 3,15 MHz la 4,05 MHz). Prin urmare, banda de frecvență ocupată de semnalul de sincronizare a culorii se încadrează în banda de frecvență a semnalelor de crominanță I și Q .

Prin urmare, semnalul de sincronizare a culorii este de forma:

$$U_F = E_F \cdot \sin(\omega_N t + 180^\circ) = -E_F \cdot \sin \omega_N t \quad (7.36)$$

SEMNALUL VIDEOCOMPLEX COLOR NTSC

Semnalul videocomplex color NTSC este format din suma semnalelor de luminanță, de crominanță modulat și de sincronizare a culorii, adică:

$$U_N = E_Y + E_I \cos(\omega_N t + 33^\circ) + E_Q \sin(\omega_N t + 33^\circ) - E_F \sin \omega_N t \quad (7.37)$$

Se subînțelege că semnalele de sincronizare și de stingere sînt incluse în semnalul E_Y . În interiorul benzii de frecvență Δf_Q a semnalelor de crominanță, expresia (7.37) se poate scrie:

$$U_N = E_Y + 0,877 R_{R-Y} \cos \omega_N t + 0,493 E_{B-Y} \sin \omega_N t - U_F \sin \omega_N t \quad (7.38)$$

7.2. STRUCTURA CODORULUI NTSC

Semnalul videocomplex de culoare NTSC (rel. 7.37) se obține cu ajutorul unui dispozitiv de codare, structura căruia este reprezentată în fig. 7.16 și care rezultă, de fapt, din considerațiile care au fost analizate la punctul 7.1.

Semnalele E_R , E_G , E_B , de la camera de televiziune, trecute apoi prin corectorii gamma, se aplică unei scheme de matriciere, la ieșirea căreia se obțin

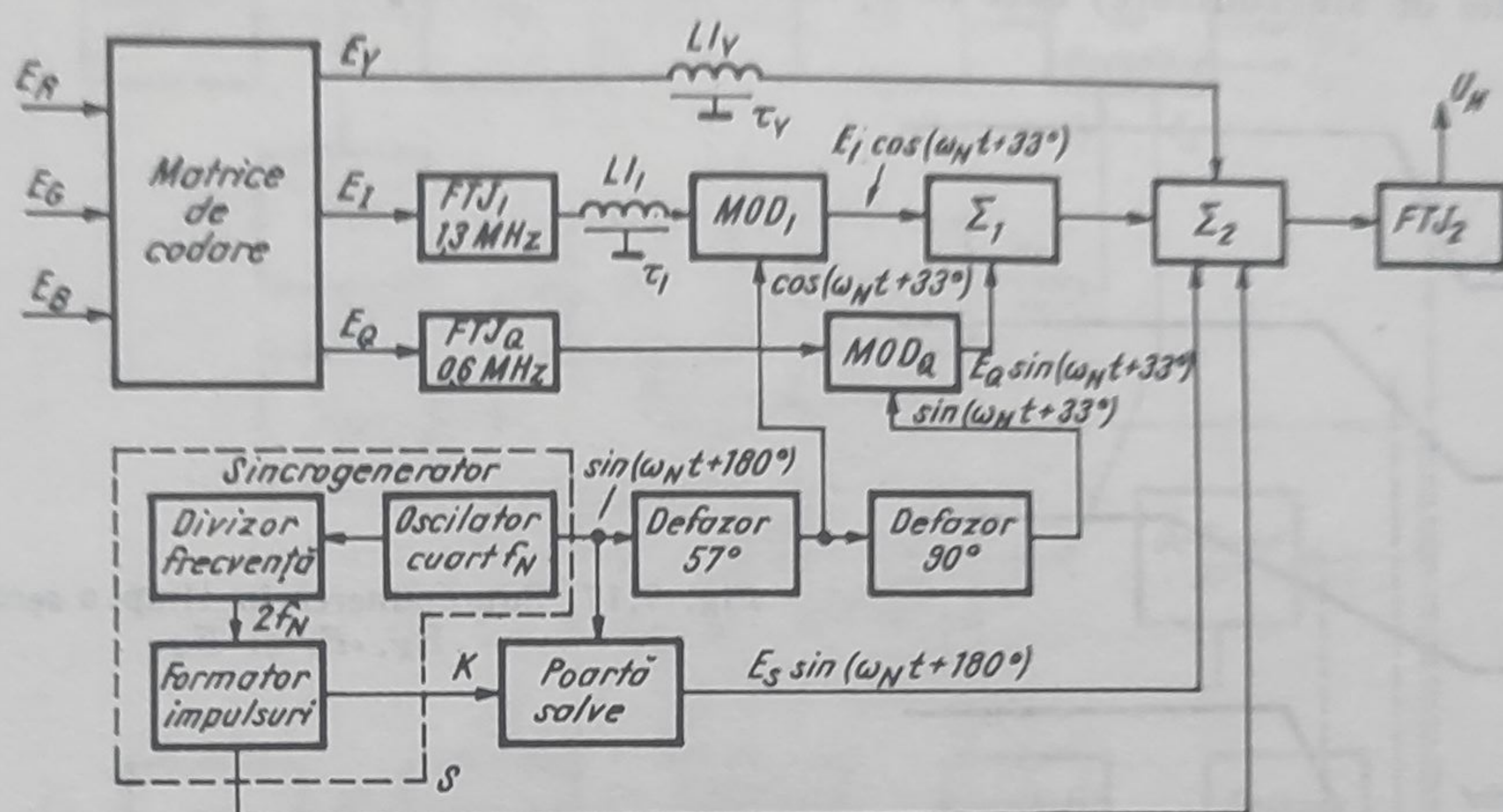


Fig. 7.16. Schema structurală a codorului NTSC.

semnalele E_Y , E_I și E_Q , conform relațiilor (7.1), (7.26). Amintim că coeficientul γ în sistemul NTSC este egal cu 2.2. Semnalul E_I trece printr-un filtru trece jos, FTJ, cu banda de trecere de $0 \div 0,6$ MHz și apoi se aplică modulatorului MOD_I , la care se aplică și subpurătoarea ($\cos \omega_N t + 33^\circ$) deoarece:

$$\sin(\omega_N t + 180^\circ - 57^\circ) = \cos(\omega_N t + 33^\circ).$$

Semnalul E_Q , de asemenea, se aplică împreună cu subpurătoarea $\sin(\omega_N t + 33^\circ)$ modulatorului MOD_Q . Suma semnalelor de la ieșirile celor două modatoare, efectuată în sumatorul Σ_1 , reprezintă semnalul de crominanță modulată în cuadratură. Acest semnal se aplică împreună cu semnalul de luminanță E_Y sumatorului Σ_2 . Suma acestor trei semnale, trecute printr-un filtru trece jos FTJ₂ cu banda de $0 \div 4,5$ MHz. În acest fel, la ieșirea acestui filtru, semnalul E_I modulată, va avea o bandă laterală inferioară de 1,3 MHz și una superioară de 0,6 MHz, iar semnalul E_Q modulată va avea două benzi laterale egale cu 0,6 MHz, fiecare.

Așa cum se cunoaște, trecerea semnalelor prin filtre trece jos este însoțită de timpi de întârziere. Pentru a realiza la ieșirea codorului o coincidență în timp a semnalelor de la intrarea codorului, este necesară o întârziere a semnalului E_I față de semnalul E_Q cu cca $0,5 \mu s$ ($\tau_I = 0,5 \mu s$) și o întârziere a semnalului E_Y față de același semnal E_Q de cca $0,7 \mu s$ ($\tau_Y = 0,7 \mu s$). În acest fel se obține coincidența celor trei semnale E_Y , E_I și E_Q (fig. 7.17).

Cu ajutorul oscilatorului cu cuarț se generează semnalul de subpurătoare $\sin(\omega_N t + 180^\circ)$ din care, prin întârzierea de 57° se obține semnalul $\cos(\omega_N t + 33^\circ)$. Din frecvența dată de oscilator se obține prin divizare un semnal de frec-

vență dublă frecvenței liniilor, adică $2f_H$. Acest semnal comandă un formator de impulsuri care furnizează semnalul sincrocomplex S , care apoi se adaugă semnalelor de luminanță și crominanță modulată prin intermediul sumatorului Σ_2 . Tot formatorul de impulsuri furnizează impulsurile K care dau poziția salvelor de sincronizare a culorii. Aceste impulsuri comandă o poartă, lăsând să treacă prin această poartă, semnalul subpurtătoare doar în intervalul acestor impulsuri. La ieșirea porții se obțin semnalele de sincronizare a culorii (salvele de sincronizare) care se aplică sumatorului Σ_2 .

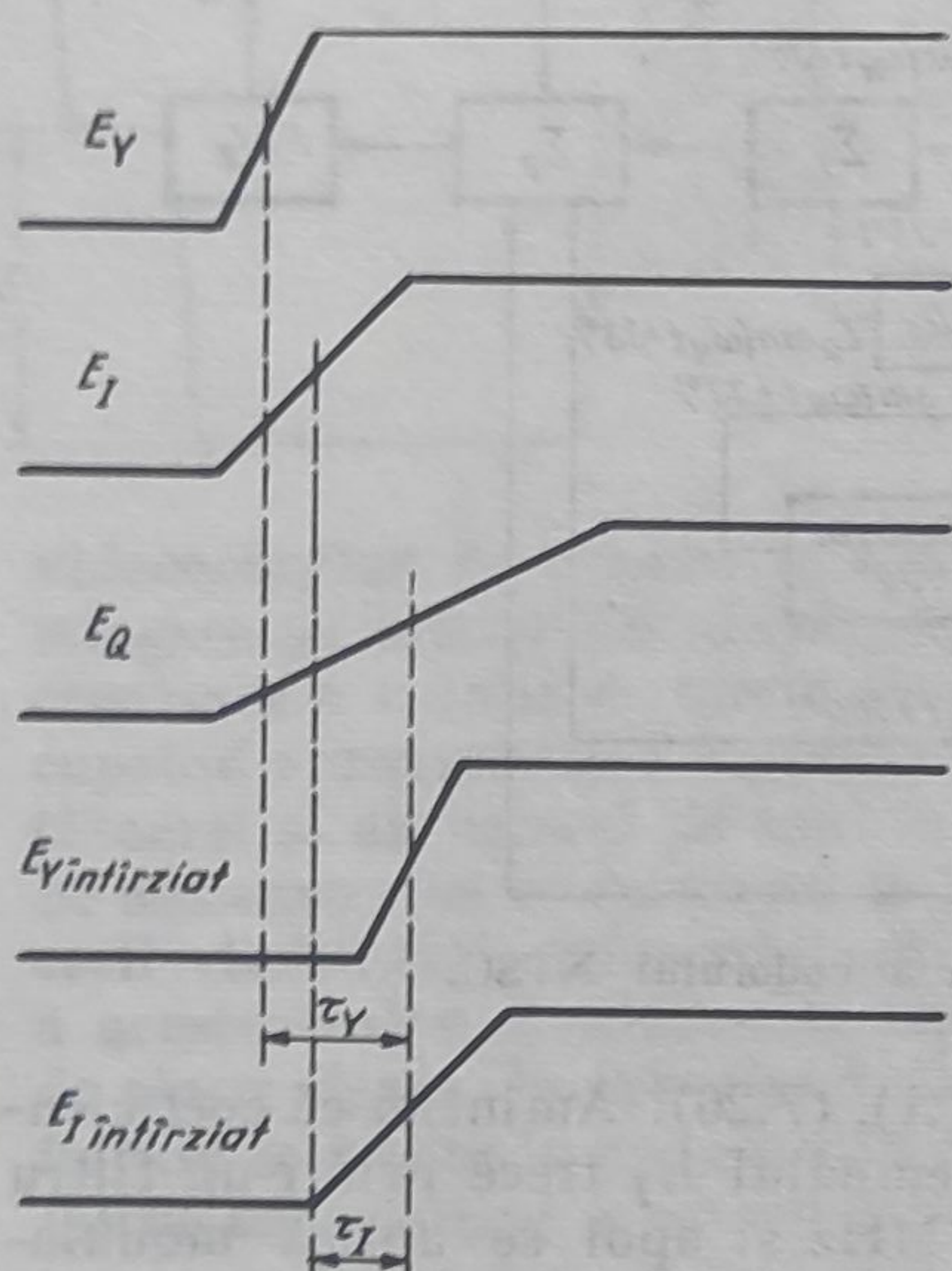


Fig. 7.17. Suprapunerea în timp a semnalelor E_Y , E_I și E_Q .

7.3. STRUCTURA DECODORULUI NTSC

În fig. 7.18 este prezentată structura decodorului NTSC, în care sînt luate în considerație doar elementele care se adaugă la cele cunoscute dintr-un receptor alb-negru.

După detecția semnalului recepționat se obține semnalul videocomplex de culoare, U_N . Acest semnal este amplificat și apoi întârziat cu o linie de întârziere ($\tau_Y \approx 0,7 \mu S$), după care este trecut printr-un filtru de rejecție, FR , acordat pe frecvența subpurtătoare pentru a micșora perturbațiile care apar sub forma unei structuri fine de puncte.

Semnalul de la ieșirea detectorului trece printr-un filtru FTB , care are rolul de a selecta semnalul de crominanță U_C și semnalul de sincronizare a culorii U_F . După o amplificare cu amplificatorul A_{CF} semnalul $U_C + U_F$ se aplică la intrările a două detectoare sincrone, DS_1 și DS_Q . Semnalul necesar detecției sincrone, $\cos(\omega_N t + 33^\circ)$ și $\sin(\omega_N t + 33^\circ)$ se obțin de la un oscilator local prin intermediul a două circuite de întârziere cu 57° și 90° (similare cu cele din codor). În urma detecției sincrone, la ieșirile celor două detectoare sincrone se obțin semnalele de crominanță E_I și E_Q , care trec apoi prin filtrele de joasă frecvență FTJ_I , respectiv FTJ_Q . Semnalul E_I este întârziat cu $\tau_I \approx 0,5 \mu S$ față de semnalul E_Q .

Semnalele E_Y , E_I și E_Q se aplică unei matrici de codare, la ieșirea căreia se obțin semnalele E_R , E_G și E_B , conform relațiilor:

$$E_R = 0,96 E_I + 0,62 E_Q + E_Y$$

$$E_G = -0,27 E_I - 0,65 E_Q + E_Y$$

$$E_B = -1,11 E_I + 1,70 E_Q + E_Y$$

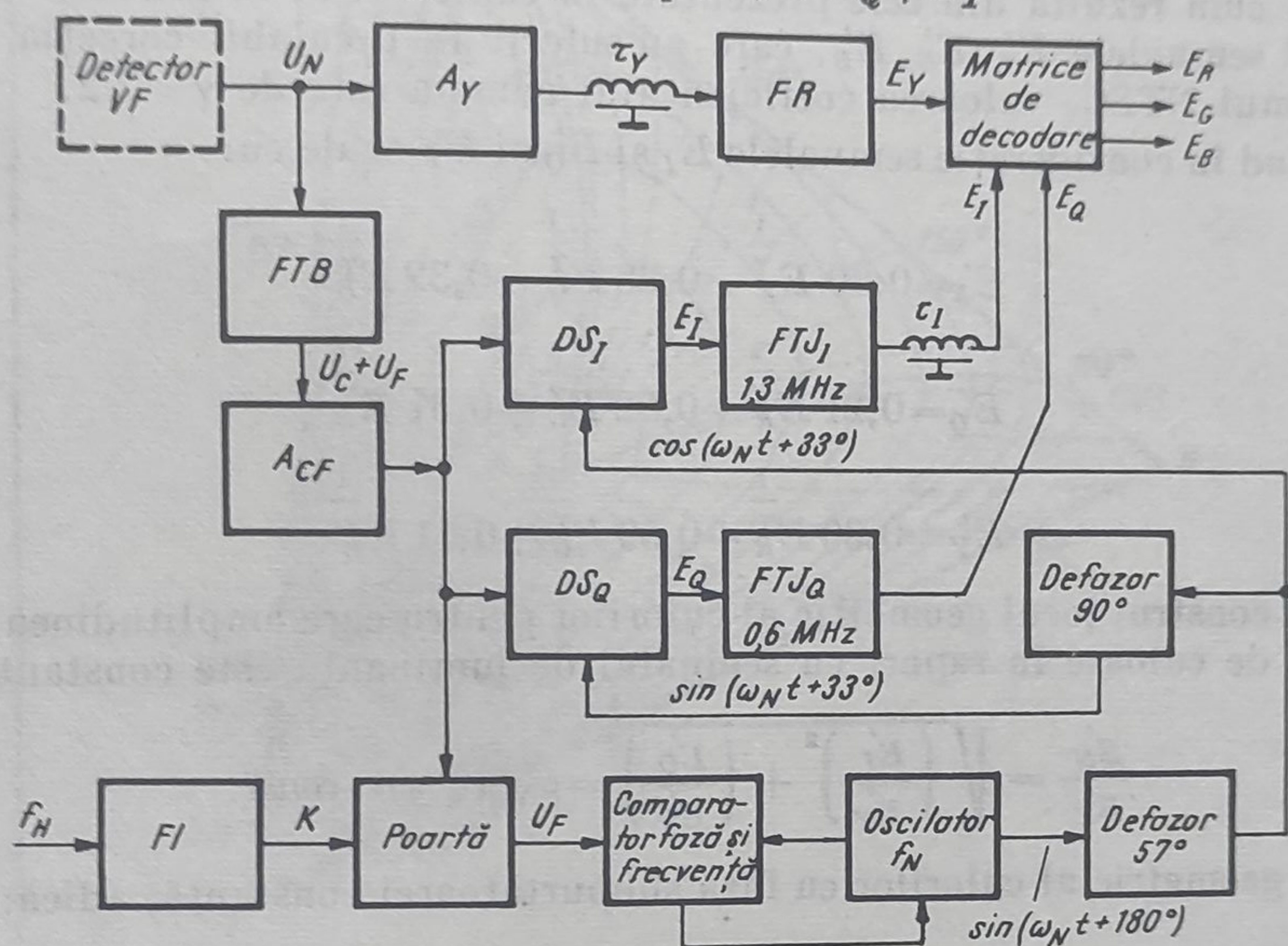
$$(7.39)$$


Fig. 7.18. Schema structurală a decodorului NTSC.

Aceste relații se obțin din rel. (7.1) și (7.26).

Oscilatorul local este aservit în frecvența și faza frecvenței originale din codor cu ajutorul salvelor de sincronizare în felul următor: din frecvența liniilor f_H se formează cu un formator de impulsuri FI, impulsurile K corespunzătoare poziției salvelor de sincronizare. Aceste impulsuri deschid o poartă prin care trec salvele de sincronizare din semnalul $U_C + U_F$. Aceste salve sînt aplicate împreună cu semnalul de la oscilatorul local unui comparator de fază și frecvență. În cazul în care frecvența și faza oscilatorului local nu corespund cu frecvența și faza salvelor de sincronizare, comparatorul dă o informație care, aplicată oscilatorului local, conduce la înlăturarea diferențelor dintre cele două semnale comparate.

7.4. DISTORSIUNILE ÎN SISTEMUL NTSC

În cele ce urmează vom examina distorsiunile imaginii de televiziune care apar în cazul folosirii sistemului NTSC.

Vom grupa aceste distorsiuni în două categorii: distorsiuni datorate sistemului însuși și distorsiuni datorate canalului de cromață.

Distorsiunile din prima categorie apar datorită principiului sistemului NTSC, considerînd, deci, că semnalul videocomplex de culoare se transmite

nedistorsionat. Vom examina, pe scurt, aceste distorsiuni, cu referire și la distorsiunile datorate reglajelor incorecte ale codorului și decodorului sistemului NTSC.

NELINIARITATEA SISTEMULUI

Așa cum rezultă din cele prezentate în capitolul 6, la intrarea codorului se aplică semnalele E'_R, E'_G, E'_B , care au suferit în prealabil corecția gamma. În sistemul NTSC, valoarea coeficientului gamma este de $\gamma=2,2$.

Luînd în considerație semnalele E'_I și E'_Q și E'_Y egale cu:

$$\begin{aligned} E'_I &= 0,60 E_R^{\frac{1}{\gamma}} - 0,28 E_G^{\frac{1}{\gamma}} - 0,32 E_B^{\frac{1}{\gamma}} \\ E'_Q &= 0,21 E_R^{\frac{1}{\gamma}} - 0,52 E_G^{\frac{1}{\gamma}} + 0,31 E_B^{\frac{1}{\gamma}} \\ E'_Y &= 0,30 E_R^{\frac{1}{\gamma}} + 0,59 E_G^{\frac{1}{\gamma}} + 0,11 E_B^{\frac{1}{\gamma}}, \end{aligned} \quad (7.40)$$

se poate construi locul geometric al culorilor pentru care amplitudinea subpurtătoarei de culoare în raport cu semnalul de luminanță este constant, adică:

$$\frac{E'_N}{E'_Y} = \sqrt{\left(\frac{E'_I}{E'_Y}\right)^2 + \left(\frac{E'_Q}{E'_Y}\right)^2} = \rho'_N(x, y) = \text{const.} \quad (7.41)$$

și locul geometric al culorilor cu faza subpurtătoarei constantă, adică:

$$33^\circ + \arctg \frac{E'_I}{E'_Q} = \varphi'_N(x, y) = \text{const.} \quad (7.42)$$

În fig. 7.19 sînt prezentate curbele $\rho'_N(x, y) = \text{const.}$ și $\varphi'_N(x, y) = \text{const.}$, din care rezultă că, amplitudinea relativă a semnalului de luminanță influențează mai puțin asupra reproducerii culorilor saturate decît asupra reproducerii celor nesaturate. Unghiul de fază a semnalului de crominanță modulată are o influență mai redusă asupra reproducerii nuanței culorilor primare R, G, B decît asupra reproducerii culorilor saturate de albastru, galben și purpuriu.

Studiind modul în care se realizează reproducerea luminanței pe televizorul color, se constată că luminanța reprodusă depinde foarte puțin de faza semnalului de crominanță modulată, dar depinde de amplitudinea acestuia. Astfel, luminanța reprodusă este mai mare decît în cazul în care s-ar transmite doar semnalul de luminanță E'_Y , în special la culorile saturate, datorită informației de luminanță conținută în semnalul de crominanță modulată. Deci, principiul luminanței constante nu mai este respectat. Vom nota că, nerespectarea acestui principiu conduce la mărirea zgomotelor la reproducerea culorilor saturate și la o reproducere incorectă a detaliilor fine de culori saturate și cu luminanță diferită, deoarece informația asupra luminanței lor este furnizată, în primul rînd, de semnalul de crominanță modulată, care este de bandă îngustă.

Așa cum s-a arătat în paragraful 6.5, semnalul E'_Y nu asigură o reproducere corectă a luminanței imaginii în receptorul alb-negru și acest inconvenient poate fi înlăturat dacă se transmite semnalul $E_Y^{\frac{1}{\gamma}}$, în locul semnalului E'_Y .

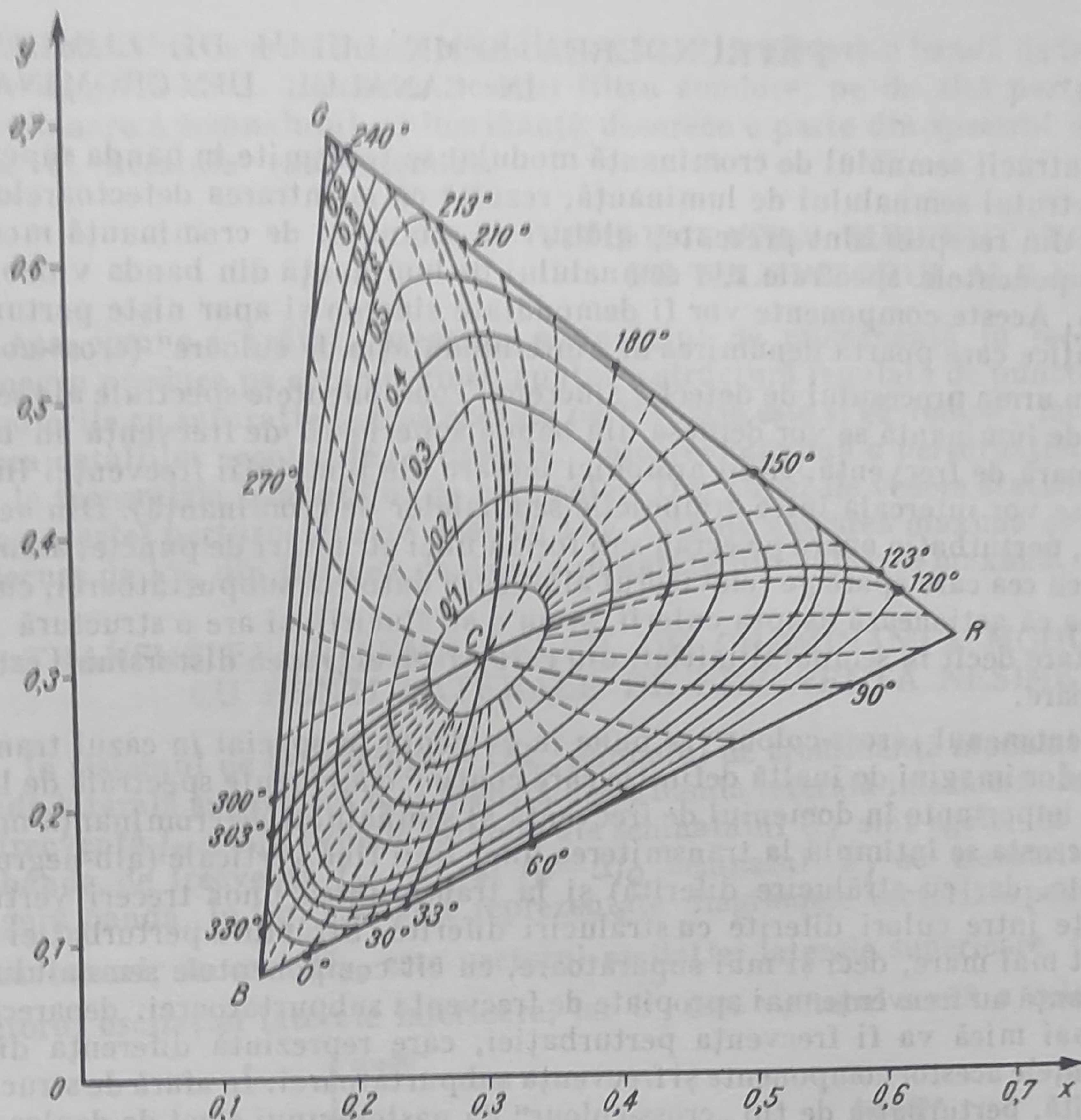


Fig. 7.19. Curbele $\rho(x, y) = \text{const.}$ și $\varphi(x, y) = \text{const.}$ pentru $\gamma = 2,2$.

Sistemul NTSC permite transmiterea unui asemenea semnal cu condiția ca în receptorul color să se dispună de semnalele E'_Y , E'_{R-Y} și E'_{B-Y} .

LIMITAREA BENZILOR DE FRECVENȚĂ A SEMNALELOR DE CROMINANȚĂ

Datorită transmiterii semnalelor de crominanță cu spectre de frecvență limitate ($\Delta f_I = 1,3 \text{ MHz}$ și $\Delta f_Q = 0,6 \text{ MHz}$), apare fenomenul de „mînjire” a trecerilor verticale dintre detaliile culorilor saturate și fenomenul de „dîră” a culorilor.

Distorsionarea trecerilor de la o culoare la alta este pricinuită și de faptul că cele două semnale de crominanță E_I și E_Q nu au benzi de frecvență egale. De pildă, dacă se schimbă doar saturația culorii, atunci ar trebui să se mențină constant raportul E_I/E_Q , ceea ce nu are loc. Întrucît la o trecere bruscă de culoare, semnalul E_Q variază de cca 3 ori mai lent decît semnalul E_I , este evident că raportul E_I/E_Q nu mai rămîne constant, ceea ce conduce la distorsiuni de nuanță.

PĂTRUNDEREA SEMNALULUI DE LUMINANȚĂ ÎN CANALUL DE CROMINANȚĂ

Întrucît semnalul de crominanță modulată se transmite în banda superioară a spectrului semnalului de luminanță, rezultă că la intrarea detectoarelor sincrone din receptor sînt prezente, alături de semnalul de crominanță modulată, și componentele spectrale ale semnalului de luminanță din banda video superioară. Aceste componente vor fi demodulate sincron și apar niște perturbații cromatice care poartă denumirea de „intermodulație de culoare” (cross-colour).

În urma procesului de detecție sincronă, componentele spectrale ale semnalului de luminanță se vor deplasa din banda superioară de frecvență în banda inferioară de frecvență, fiind armonici impare ale jumătății frecvenței liniilor (deci se vor intercala între armonicile semnalelor de crominanță). Din această cauză, perturbația apare pe ecran sub forma unei structuri de puncte, asemănătoare cu cea care apare pe televizorul alb-negru datorită subpurtătoarei, cu deosebirea că acționează asupra culorii, și nu a strălucirii, și are o structură mult mai mare decît în semnalul inițial, din care cauză acțiunea distorsiunii este supărătoare.

Fenomenul „cross-colour” se pune în evidență în special în cazul transmiterii unor imagini de înaltă definiție care conțin componente spectrale de luminanță importante în domeniul de frecvență al semnalului de crominanță modulată. Aceasta se întîmplă la transmiterea unor linii fine verticale (alb-negru sau colorate, dar cu strălucire diferită) și la transmiterea unor treceri verticale abrupte între culori diferite cu străluciri diferite. Structura perturbației este cu atît mai mare, deci și mai supărătoare, cu cît componentele semnalului de luminanță au frecvențe mai apropiate de frecvența subpurtătoarei, deoarece cu atît mai mică va fi frecvența perturbației, care reprezintă diferența dintre frecvențele acestor componente și frecvența subpurtătoarei. În afară de structura amintită, perturbația de tip „cross-colour” dă naștere unui efect de deplasare a liniilor la granița de trecere între imaginile cu strălucirea diferită sau la detaliile fine care își schimbă strălucirea de-a lungul unei linii.

Este important de amintit că, zgomotul de fluctuație care apare în canalul de luminanță se transformă, în urma detecției sincrone, într-o perturbație de joasă frecvență care apare pe ecran sub forma unui zgomot cu structură mare, foarte supărătoare. Acest fenomen apare, de pildă, la recepție în condițiile unui cîmp slab, cînd pe un televizor alb-negru imaginea este acceptabilă, iar pe un televizor în culori este inacceptabilă.

PĂTRUNDEREA SEMNALULUI DE CROMINANȚĂ ÎN CANALUL DE LUMINANȚĂ

Întrucît în canalul de luminanță al receptorului, semnalul de crominanță modulată este prezent, acesta se va aplica împreună cu semnalul de luminanță tunurilor electronice ale tubului cinescop, dînd naștere unei perturbații sub forma unei structuri de puncte alb-negru. Acest fenomen are loc dacă tubul cinescop este liniar, deoarece mărimile perturbațiilor sînt egale pe cei trei electrozi de comandă, deci raportul curenților celor trei fascicule rămîne constant. În realitate, însă, tubul cinescop este un element neliniar, din care cauză perturbația conduce și la scăderea saturației culorii. Pentru a diminua acțiunea acestei perturbații, în canalul de luminanță se conectează un filtru de rejecție, care ate-

nuează semnalul de crominanță modulată cu $12 \div 15$ dB într-o bandă de frecvență de $f_N \pm 0,6$ MHz. Folosirea acestui filtru conduce, pe de altă parte, la o distorsionare a semnalului de luminanță deoarece o parte din spectrul de frecvență al acestuia este atenuat.

VIZIBILITATEA SUBPURTĂTOAREI PE TELEVIZORUL ALB-NEGRU

Așa cum s-a arătat, prezența semnalului de crominanță în receptorul alb-negru produce pe ecranul cinescopului o structură regulată de puncte. Pentru culorile cu saturație redusă această perturbație este și ea redusă, iar în regiunea detaliilor necolorate ea lipsește. Valoarea maximă a perturbației se obține la transmisia semnalului de bare color. Din punct de vedere statistic, mărimea acestei perturbații este doar de 11% față de valoarea maximă și numai în decurs de 1% din timp ea depășește jumătate din valoarea maximă.

TRANSMITEREA SEMNALELOR DE CROMINANȚĂ MODULATE CU BENZI LATERALE DE FRECVENȚĂ NESIMETRICE

În sistemul de televiziune NTSC, semnalul de crominanță modulată U_I are banda laterală superioară mai îngustă decât banda laterală inferioară. În banda de frecvență $f_N \pm \Delta f_Q$ benzile laterale ale semnalului U_I sînt egale, în schimb în banda de frecvență $f_N - \Delta f_I$ și $f_N - \Delta f_Q$ semnalul U_I se transmite cu o singură bandă. În fig. 7.20 sînt reprezentate diagramele vectoriale pentru cele două cazuri, în care \vec{U}_{IS} este vectorul oscilației laterale superioare, \vec{U}_{II} este vectorul oscilației laterale inferioare, iar \vec{U}_I este vectorul sumă a celor două

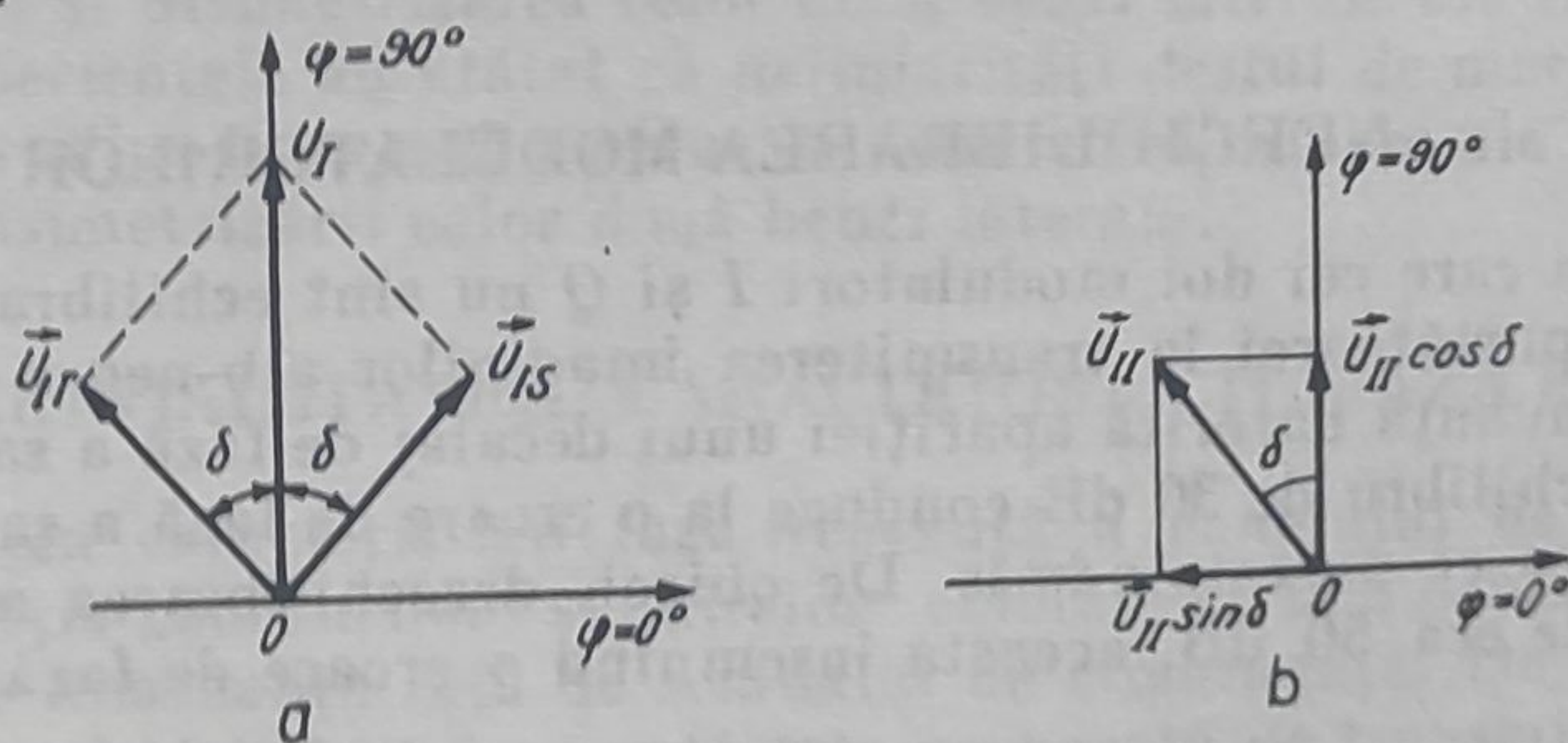


Fig. 7.20. Diagrama vectorială a modulației semnalului E_I : a - cu două benzi laterale egale; b - cu o singură bandă laterală.

oscilații laterale, la ieșirea modulatorului de amplitudine. În detectorul sincron din receptor acest vector este separat integral deoarece se află pe axa $\varphi = 90^\circ$. În schimb, în domeniul de frecvență în care semnalul U_I poartă doar banda laterală inferioară semnalul la ieșirea modulatorului de amplitudine este U_{II} . Prin descompunerea vectorului \vec{U}_{II} pe cele două axe de demodulare, se obțin două semnale: semnalul $U_{II} \cos \delta$ care este demodulat de detectorul sincron al semnalului I și semnalul $U_{II} \sin \delta$ care este sesizat de detectorul sincron al semnalului Q. Deci semnalul $U_{II} \sin \delta$ este un semnal perturbator (perturbații în cuadratură) care dă naștere unor dire colorate după trecerile verticale de culoare. Componenta $U_{II} \sin \delta$ apare doar la trecerile de culoare

care conțin frecvențe mai înalte ($0,6 \div 1,3$ MHz) și se adaugă semnalului util U_Q . Dar, la ieșirea detectorului sincron Q este conectat un filtru trece jos (FTJ în fig. 7.18) care are banda de frecvență de $0 \div 0,6$ MHz care poate înlătura această perturbație. Pentru aceasta, acestui filtru i se impun condiții severe din punctul de vedere al pantei de cădere a caracteristicii de frecvență și a mărimii atenuării în afara benzii de trecere.

TRANSMITEREA SEMNALULUI VIDEOCOMPLEX DE CULOARE CU O SINGURĂ BANDĂ LATERALĂ

În capitolul 1 s-a arătat că emițătoarele de televiziune transmit semnalele de televiziune doar cu o singură bandă laterală. Din teorie se cunoaște că la ieșirea detectorului de amplitudine din receptor semnalul videocomplex prezintă distorsiuni neliniare: pe de-o parte apar armonici pare suplimentare, care sînt înlăturate după detecție, și pe de altă parte apare o componentă continuă care se adaugă semnalului de luminanță, producînd micșorarea amplitudinii acestuia (în cazul modulației negative a purtătoarei de imagine). S-a calculat că la detecția lineară în receptor a barelor color cu 75% strălucire, mărimea semnalului de cromaticitate a barei color scade cu 8%, iar amplitudinea semnalului de luminanță scade cu 14%, deci strălucirea crește, iar saturația crește puțin. Același efect se întîmplă și pentru celelalte bare color.

Transmiterea semnalului videocomplex de culoare cu o singură bandă laterală conduce și la distorsiuni de nuanță la salturile bruște de strălucire. Aceasta se datorește distorsiunilor de fază ale purtătoarei de imagine la salturile bruște de strălucire din cauza eliminării unei benzi laterale, care apoi, după detecție, se transpune subpurtătoarei de culoare. În practică, aceste distorsiuni sînt slab vizibile.

NEECHILIBRAREA MODULATORILOR DIN CODOR

În cazul în care cei doi modulatori I și Q nu sînt echilibrați, vor apare resturi ale subpurtătoarei la transmiterea imaginilor alb-negru și vor apare distorsiuni de nuanță datorită apariției unui decalaj de fază a salvelor de culoare. Un dezechilibru de 30 dB conduce la o eroare de fază a salvelor de culoare de 5° , ceea ce nu este admis. De obicei, dezechilibrarea modulatorului trebuie să fie de cca 50 dB, aceasta însemnînd o eroare de fază de $0,5^\circ$.

RESTABILIREA INEXACTĂ A FAZEI SUBPURTĂTOAREI ÎN RECEPTOR

Dacă subpurtătoarea de culoare f_N este reconstituită în receptor cu o eroare de fază δ , atunci la demodulare apar distorsiuni de intermodulație. De pildă, la demodularea sincronă a semnalului E_I se obține:

$$\begin{aligned} & [E_I \cos(\omega_N t + 33^\circ) + E_Q \sin(\omega_N t + 33^\circ)] \cdot \cos(\omega_N t + 33^\circ + \delta) = \\ & = \frac{E_I}{2} \cos \delta + \frac{E_Q}{2} \sin \delta + \frac{E_I}{2} \cos 2(\omega_N t + 33^\circ + \delta) + \frac{E_Q}{2} \sin 2(\omega_N t + 33^\circ + \delta), \end{aligned}$$

iar la ieșirea filtrului trece jos din receptor avem semnalele

$$\frac{E_I}{2} \cos \delta + \frac{E_Q}{2} \sin \delta.$$

Semnalul $\frac{E_Q}{2} \sin \delta$ este un semnal parazit. Mărimea acestui semnal parazit se raportează la semnalul util $\frac{E_I}{2} \cos \delta$:

$$K = \frac{E_Q}{E_I} \operatorname{tg} \delta.$$

Pentru a nu apare distorsiuni de nuanță a culorilor reproduse, este necesar ca faza subpurtătoarei în receptor să fie restabilită cu o eroare mai mică de 3° (culoarea cea mai critică este portocaliu, iar cea mai puțin critică — verde). De obicei, se folosesc scheme automate de restabilire a fazei și frecvenței subpurtătoarei, care asigură exactitate și stabilitate în funcționare.

Distorsiunile din a doua categorie apar datorită imperfecțiunilor canalului de comunicație.

Vom examina câteva dintre ele, pe scurt.

NELINIARITATEA CARACTERISTICII AMPLITUDINE-FRECVENȚĂ

Neliniaritatea caracteristicii amplitudine-frecvență a canalului de comunicație schimbă raportul dintre amplitudinea semnalului de luminanță și amplitudinea semnalului de crominanță, ceea ce conduce la distorsiuni de saturație. Experimental s-a stabilit că schimbarea valorilor amplitudinilor semnalelor de luminanță și crominanță trebuie să fie mai mică de $\pm 2,5$ dB.

Neliniaritatea caracteristicilor amplitudine-frecvență a canalului de comunicație provoacă și disimetrizarea celor două benzi laterale ale subpurtătoarei de culoare. Experiențele au arătat că neliniarități destul de mari ale caracteristicilor amplitudine-frecvență conduc la distorsiuni minore ale nuanței culorilor datorită disimetrizării celor două benzi laterale.

NELINIARITATEA CARACTERISTICII FAZĂ-FRECVENȚĂ

Neliniaritatea caracteristicii fază-frecvență a canalului de comunicație conduce la apariția „bordurilor” și „dîrelor” colorate și la o deplasare în timp a semnalului de luminanță față de semnalul de crominanță. De regulă, neliniaritatea caracteristicii fază-frecvență este provocată de transmisia cu bandă laterală parțial limitată și de caracteristicile amplitudine-frecvență cu pantă abrupt-cazătoare. Întrucît mărimea caracteristicii fază-frecvență este diferită, în practică se măsoară și se normează caracteristica timpului de întârziere de grup.

NELINIARITATEA CARACTERISTICII CÎȘTIGULUI DIFERENȚIAL

Dacă caracteristica amplitudine-amplitudine a canalului de comunicație este neliniară, atunci în limitele gamei dinamice a nivelelor cîștigul diferențial nu mai este constant. Pentru măsurarea cîștigului diferențial se folosește un semnal liniar variabil sau în trepte de frecvență liniilor peste care se adaugă un semnal de amplitudine redusă și de frecvență fixă (de pildă, 1,2 MHz) — fig. 7.21. Prin trecerea acestui semnal prin canal sau prin secțiuni ale lui și

prin demodularea semnalului adăugat (se folosește un filtru trece bandă), se măsoară coeficientul de neliniaritate a câștigului diferențial.

$$K_d = \left(1 - \frac{m}{M}\right) 100\%.$$

Pentru sistemul NTSC, coeficientul K_d poate fi egal cu maximum 30—40% pentru întreg lanțul de transmisie.

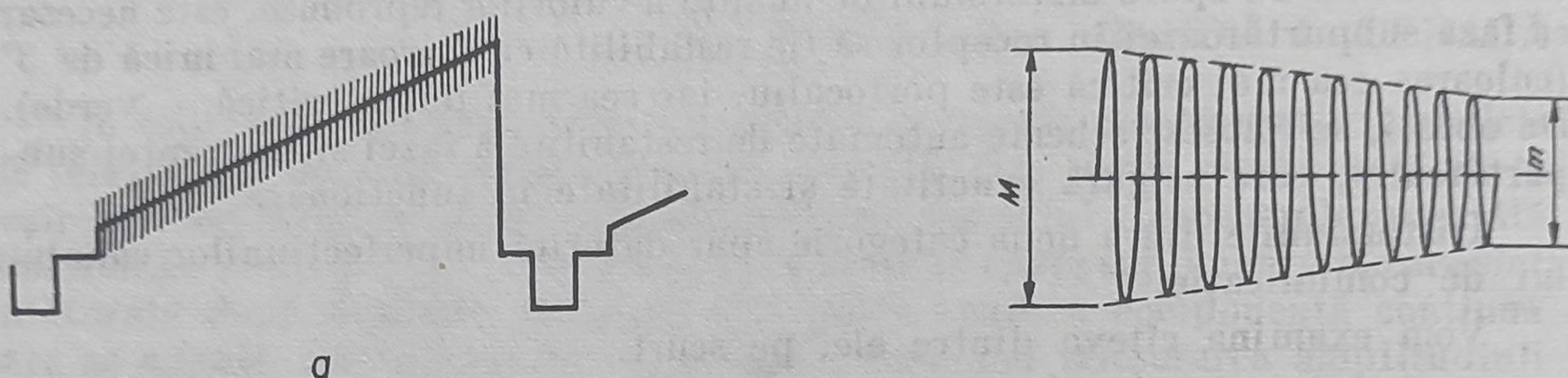


Fig. 7.21. Măsurarea coeficientului de neliniaritate a câștigului diferențial: *a* — semnalul liniar variabil modulat; *b* — semnalul *a* demodulat.

În general, distorsiunile datorate neliniarității caracteristicii câștigului diferențial provoacă distorsiuni de saturație în funcție de strălucire.

NELINIARITATEA CARACTERISTICII FAZEI DIFERENȚIALE

Distorsiunile de fază diferențială apar datorită schimbării fazei semnalului de cromaticitate modulat în funcție de mărimea semnalului de luminanță. Caracteristica fazei diferențiale a canalului de comunicație reprezintă dependența fazei subpurtătoarei de culoare în funcție de nivelul semnalului de luminanță în limitele gamei dinamice ale acestuia, luându-se drept referință faza salvelor de culoare de pe impulsul de stingere linii. Aceste distorsiuni apar datorită elementelor neliniare, parametrii cărora depind de frecvență.

Existența distorsiunilor de fază diferențială conduce la distorsiuni de nuanță ale detaliilor mari din imagine. În sistemul NTSC se admit, pentru întreg lanțul de transmisie, distorsiuni ale fazei de cca 10—12°. În realitate, aceste distorsiuni sînt mai mari, producînd înrăutățirea imaginii reproduse pe televizor. Aceasta a constituit una din cauzele elaborării unor noi sisteme de televiziune odată cu introducerea televiziunii în culori în Europa.

Cum funcționează sistemul de televiziune în culori PAL

Sistemul de televiziune în culori PAL (de la „Phase Alternation Line“) a fost elaborat în R.F.G. și a fost introdus în exploatare în 1966 într-o serie de țări din Europa. Sistemul PAL este foarte apropiat de sistemul NTSC, constituind, de fapt, o variantă îmbunătățită a acestuia din urmă.

8.1. PRINCIPIILE DE BAZĂ ALE SISTEMULUI PAL

Pe lângă caracteristicile specifice sistemului PAL, vom aminti și caracteristicile comune cu sistemul NTSC, făcînd apel, bineînțeles, și la materialul din capitolul 6.

SEMNALUL DE LUMINANȚĂ

În sistemul PAL se folosește semnalul de luminanță de forma:

$$E_Y = 0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B, \quad (8.1)$$

care a fost dedus în paragraful 6.4.

SEMNALELE DE CROMINANȚĂ

În sistemul PAL, axele după care se face modulația se notează cu U și V , iar semnalele de crominanță cu E_U și E_V . Aceste semnale sînt egale cu semnalele de crominanță E_{B-Y} și E_{R-Y} , reduse conform coeficienților de compresie K_B și K_R :

$$\begin{aligned} E_U &= K_B E_{B-Y} = 0,493 (E_B - E_Y) \\ E_V &= K_R E_{R-Y} = 0,877 (E_R - E_Y) \end{aligned} \quad (8.2)$$

Alegerea semnalelor E_{B-Y} și E_{R-Y} a fost justificată în capitolul 6, iar a coeficienților K_B și K_R în capitolul 7.

Dacă se ține seama de relațiile (6.12), semnalele E_U și E_V se pot exprima și în funcție de E_R , E_G , E_B :

$$\begin{aligned} E_U &= -0,15 E_R - 0,29 E_G + 0,44 E_B \\ E_V &= 0,62 E_R - 0,52 E_G - 0,10 E_B \end{aligned} \quad (8.3)$$

BANDA DE FRECVENȚĂ A SEMNALELOR E_U ȘI E_V

Înainte de modulație, semnalele E_U și E_V sînt supuse unei limitări la frecvențe înalte, astfel încît banda de frecvență a acestor semnale este egală cu:

$$\Delta f_U = \Delta f_V = 1,3 \text{ MHz}, \quad (8.4)$$

cu atenuare mai mică de 3 dB la 1,3 MHz și cu atenuare mai mare de 20 dB la 4 MHz.

MODULAȚIA ÎN CUADRATURĂ ÎN SISTEMUL PAL

Sistemul de modulație a unei subpurtătoare cu două semnale de crominanță este același ca și în sistemul NTSC, adică modulația dublă în cuadratură cu subpurtătoare suprimată. În locul semnalelor modulatorie E_Q și E_I din sistemul NTSC, în sistemul PAL se folosesc semnalele E_U și E_V .

Încă din 1951 s-a constatat că dacă faza subpurtătoarei se schimbă cu 180° din linie în linie pentru unul din semnalele de crominanță, atunci efectul erorilor de fază (care se traduc prin distorsiuni de nuanță) este compensat de ochi. Această metodă (cunoscută sub numele de CPA — Color Phase Alternation) nu a fost adoptată în sistemul NTSC deoarece la erori de fază mai mari de 20° , la granițele de trecere de la o culoare la alta apare pe imagine un efect de licărire a strălucirii culorii (efectul de „jaluzele”) din cauza neliniarității caracteristicii de modulație a tubului cinescop. Mai tîrziu, în 1962, prof. Bruch a reluat această idee, folosind-o în mod ingenios la elaborarea sistemului PAL. În receptor a introdus un comutator cu care se comandă schimbarea fazei cu 180° din linie în linie a subpurtătoarei care comandă detectorul sincron corespunzător semnalului de crominanță transmis cu modulație cu fază alternantă. Pentru comanda comutatorului electronic se transmite un semnal de identificare.

Care din semnalele E_U și E_V trebuie ales pentru a fi transmis cu fază alternantă? S-a constatat că pentru micșorarea distorsiunilor semnalului, introduse de comutatorul electronic din receptor, trebuie comutată faza semna-

Tabelul 8.1

Culoarea	E_R	E_G	E_B	E_Y	E_U	E_V	$\sqrt{E_U^2 + E_V^2}$	φ
Alb	1	1	1	1	0	0	0	0°
Galben	1	1	0	0,89	-0,44	0,1	0,45	167°
Bleu	0	1	1	0,70	0,15	-0,62	0,63	284°
Verde	0	1	0	0,59	-0,29	-0,51	0,59	241°
Purpuriu	1	0	1	0,41	0,29	0,51	0,59	61°
Roșu	1	0	0	0,30	-0,15	0,62	0,63	104°
Albastru	0	0	1	0,11	0,44	0,1	0,45	347°
Negru	0	0	0	0	0	0	0	0°

lului cu amplitudinea mai mare. Așa cum se va vedea (tabelul 8.1), amplitudinile maxime ale semnalelor de crominanță sînt: $E_U \max = \pm 0,44$ și $E_V \max = \pm 0,62$. Rezultă, deci, că trebuie comutată faza semnalului E_V .

În timpul unei linii de rang n se transmite semnalul de crominanță modulat U_C :

$$U_C = E_V \cos \omega_P t + E_U \sin \omega_P t, \quad (8.5)$$

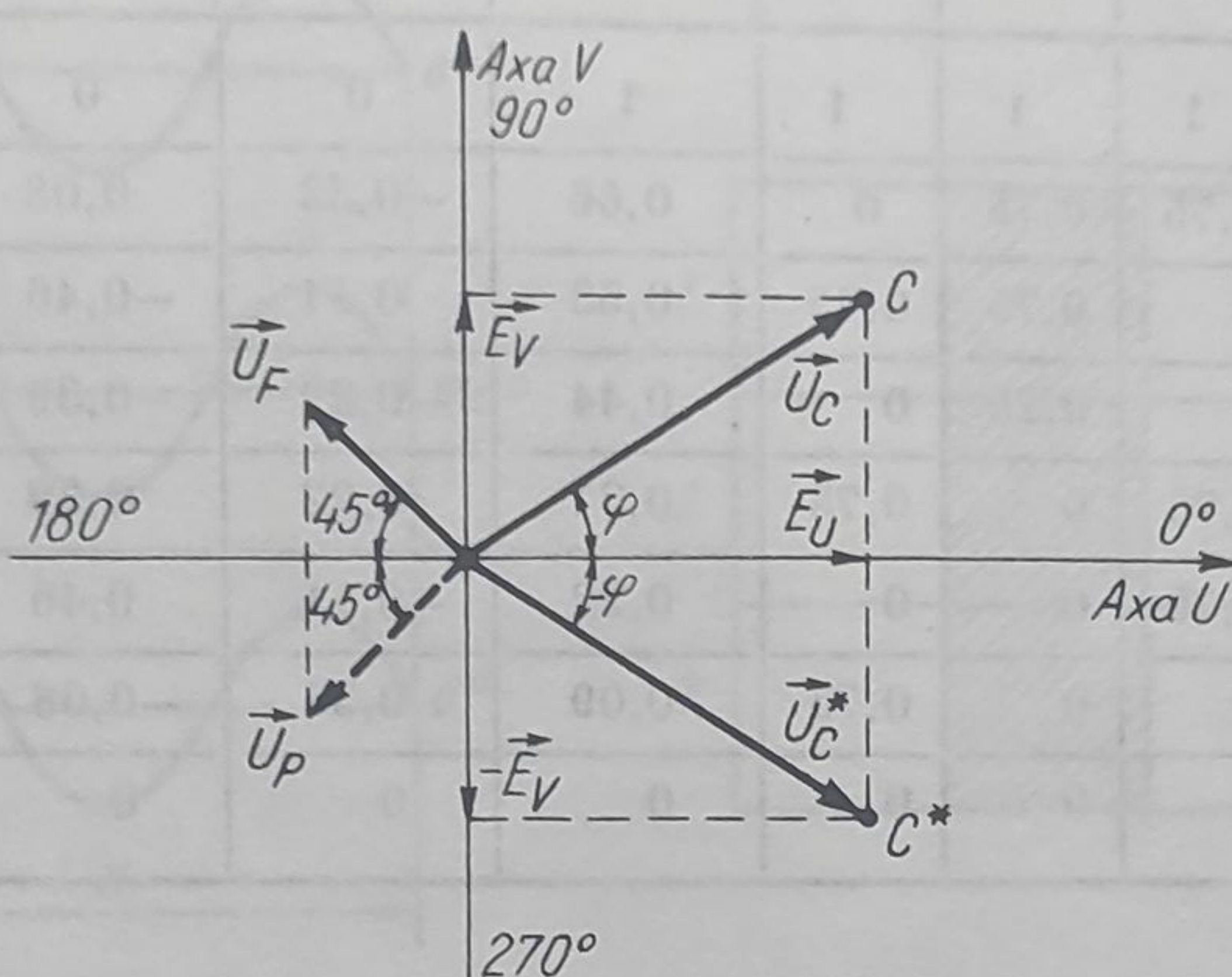


Fig. 8.1. Reprezentarea vectorială a semnalului de crominanță modulat în sistemul PAL.

iar pe linia următoare de rang $(n+1)$ se transmite semnalul de crominanță modulat U_C^* :

$$U_C^* = -E_V \cos \omega_P t + E_U \sin \omega_P t. \quad (8.6)$$

În fig. 8.1 este reprezentată diagrama vectorială a semnalului de crominanță modulat, conform relațiilor (8.5) și (8.6), pentru o culoare C din cadrulul I .

Semnalele U_C și U_C^* din expresiile (8.5) și (8.6) pot fi puse sub forma:

$$U_C = \sqrt{E_U^2 + E_V^2} \sin(\omega_P t + \varphi) \quad (8.7)$$

$$U_C^* = \sqrt{E_U^2 + E_V^2} \sin(\omega_P t - \varphi),$$

în care

$$\varphi = \arctg \frac{E_V}{E_U} \quad (8.8)$$

În tabelul 8.1 sînt prezentate rezultatele calculului amplitudinii și fazei subpurtătoarei de culoare f_P pentru culorile cu saturație maximă (100%) ale barelor color.

Dacă se compară tab. 8.1 cu tab. 7.1 se constată că amplitudinile și fazele culorilor barelor color sînt identice în sistemele PAL și NTSC. Deci, forma semnalului videocomplex de culoare pentru barele color cu saturație 100% în sistemul PAL este cea din fig. 7.11, a.

Calculul poate fi repetat pentru culorile barelor color cu saturație de 75%. Rezultatul acestui calcul este prezentat în tabelul 8.2, din care rezultă că amplitudinile și fazele culorilor barelor color sînt identice în ambele sisteme

NTSC și PAL. Rezultă, deci, că forma semnalului videocomplex de culoare pentru barele color cu saturație de 75% în sistemul PAL este cea din fig. 7.11, b.

Tabelul 8.2

Culoarea	E_R	E_G	E_B	E_Y	E_U	E_V	$\sqrt{E_U^2 + E_V^2}$	φ
Alb	1	1	1	1	0	0	0	0°
Galben	0,75	0,75	0	0,66	-0,33	0,08	0,34	167°
Bleu	0	0,75	0,75	0,53	0,11	-0,46	0,47	284°
Verde	0	0,75	0	0,44	-0,22	-0,39	0,44	241°
Purpuriu	0,75	0	0,75	0,31	0,22	0,39	0,44	61°
Roșu	0,75	0	0	0,22	-0,11	0,46	0,47	104°
Albastru	0	0	0,75	0,09	0,33	-0,08	0,34	347°
Negru	0	0	0	0	0	0	0	0

REPREZENTAREA CULORILOR ÎNTR-UN SISTEM CARTEZIAN

Ca și în sistemul NTSC, culorile pot fi reprezentate în sistemul de axe rectangulare, considerînd axa E_U drept axă de referință ($\varphi=0$). Fiecare culoare este reprezentată printr-un punct (sau printr-un vector). Distanța de la origine

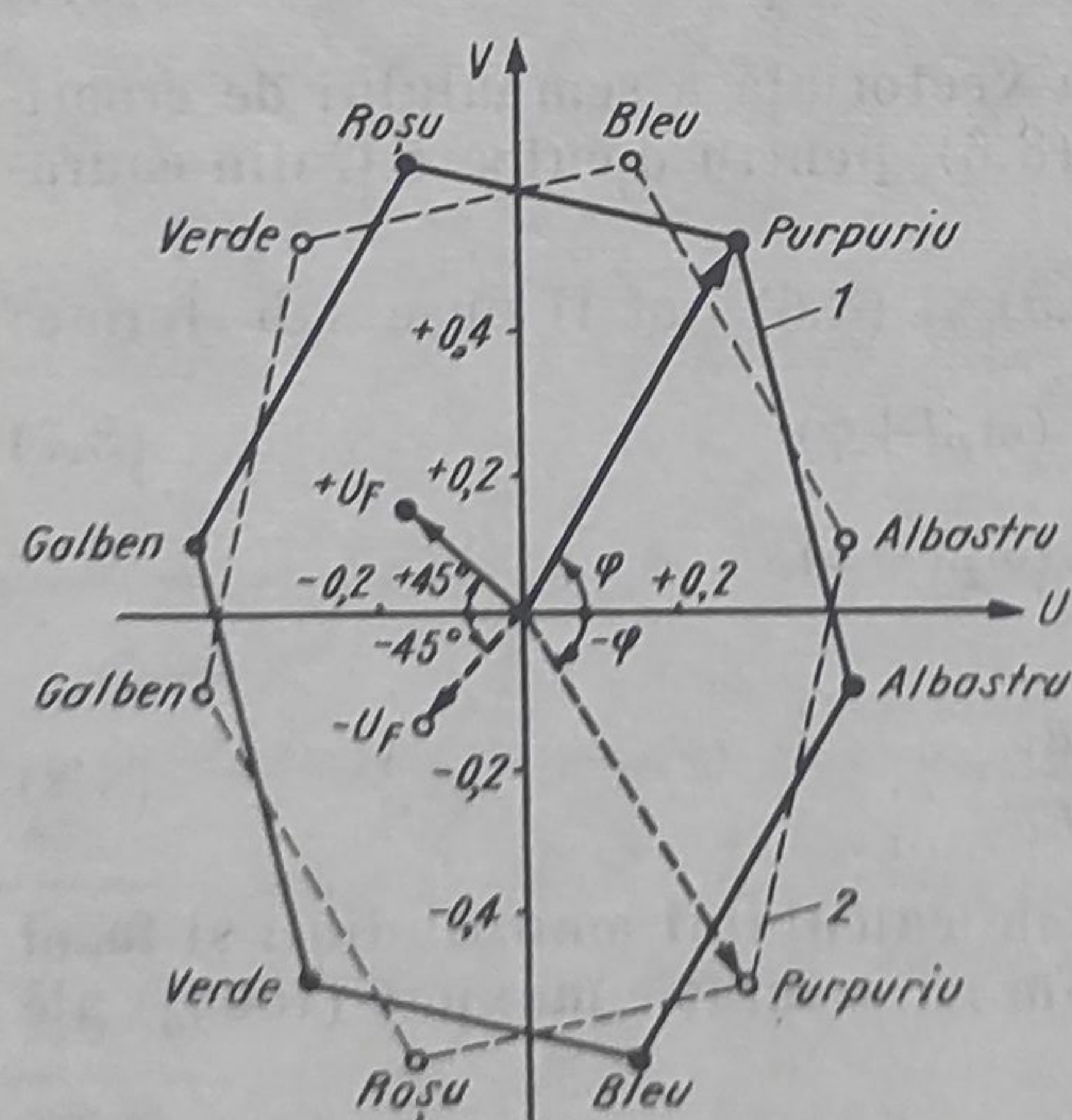


Fig. 8.2. Representarea vectorscopică a semnalului barelor color în sistemul PAL.

la punct (adică $\sqrt{E_U^2 + E_V^2}$) reprezintă saturația culorii, iar unghiul φ reprezintă nuanța culorii. Se obține astfel o reprezentare vectorială (vectorscopică) a semnalului de cromaticitate în sistemul PAL (fig. 8.2). Prin curba 1 s-au reprezentat culorile barelor color transmise pe liniile de rang n (cînd se transmite semnalul U_C), iar prin curba 2 s-au reprezentat culorile aceluiași bare color transmise pe liniile de rang $n+1$ (cînd se transmite semnalul U_C^*).

ALEGEREA FRECVENȚEI SUBPURTĂTOARE DE CULOARE

La alegerea frecvenței subpurtătoare în sistemul NTSC s-a arătat că perturbația datorată semnalului de cromaticitate care se suprapune peste imaginea alb-negru poate fi redusă dacă valoarea frecvenței subpurtătoare se alege egală cu un multiplu impar al jumătății frecvenței de linii. Dacă s-ar folosi o ase-

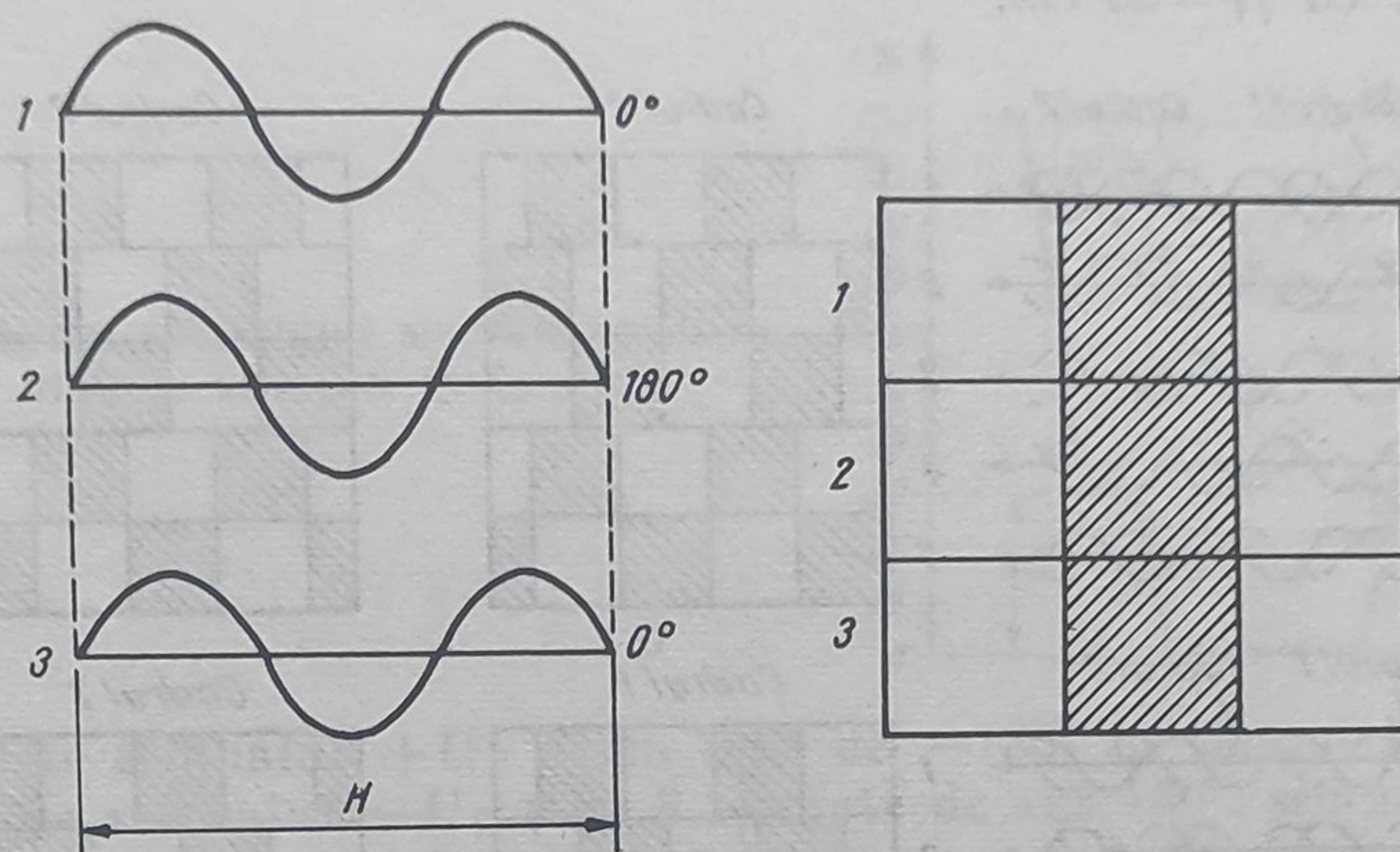


Fig. 8.3. Acțiunea perturbației semnalului U_V în sistemul PAL cu offset în jumătate de linie

$$\left(f_P = Kf_H + \frac{f_H}{2}\right).$$

menea frecvență în sistemul PAL, atunci acțiunea perturbației s-ar mări datorită comutării fazei subpurtătoare din linie în linie. Fig. 8.3 ilustrează acest fenomen pentru trei linii de rastru.

Pentru a realiza compensarea perturbației semnalului de cromaticitate pe imaginea alb-negru, în sistemul PAL se alege un offset de un sfert de linie, adică

$$f_P = kf_H \pm \frac{f_H}{4} \quad (8.9)$$

În fig. 8.4 este ilustrat fenomenul de compensare a acțiunii perturbației în cazul în care frecvența subpurtătoare se alege conform relației (8.9). Din această figură rezultă că la schimbarea cadrelor, diagramele formate din puncte albe și negre se vor deplasa spre stînga pentru semnalul U_U și spre dreapta pentru semnalul U_V , realizînd o diminuare a acțiunii perturbației. Perioada unei imagini complete a perturbației este de două cadre pentru semnalul U_U și de patru cadre pentru semnalul U_V .

Pentru micșorarea vizibilității perturbației semnalelor U_U și U_V este de dorit ca punctele albe (negre) dintr-un cîmp să ocupe locul punctelor negre (albe) din cîmpul precedent. Această întrețesere de puncte se poate realiza dacă imaginea perturbației se deplasează suplimentar în mod continuu. Pentru aceasta trebuie să se adauge la expresia din rel. (8.9) o frecvență de o anumită mărime f_V . Dacă m este un număr întreg și Z — numărul de linii dintr-un cadru și dacă

$$Z \pm 1 = 8m \text{ sau } Z \pm 7 = 8m, \quad (8.10)$$

atunci adăugarea frecvenței f_V este necesară.

Dacă, însă:

$$Z \pm 3 = 8 \text{ m sau } Z \pm 5 = 8 \text{ m}, \quad (8.11)$$

atunci adăugarea frecvenței f_V nu mai este necesară.

Pentru ca imaginea perturbației să fie fixă pe ecran, frecvența f_V trebuie să fie egală cu $f_V = 25 \text{ Hz}$.

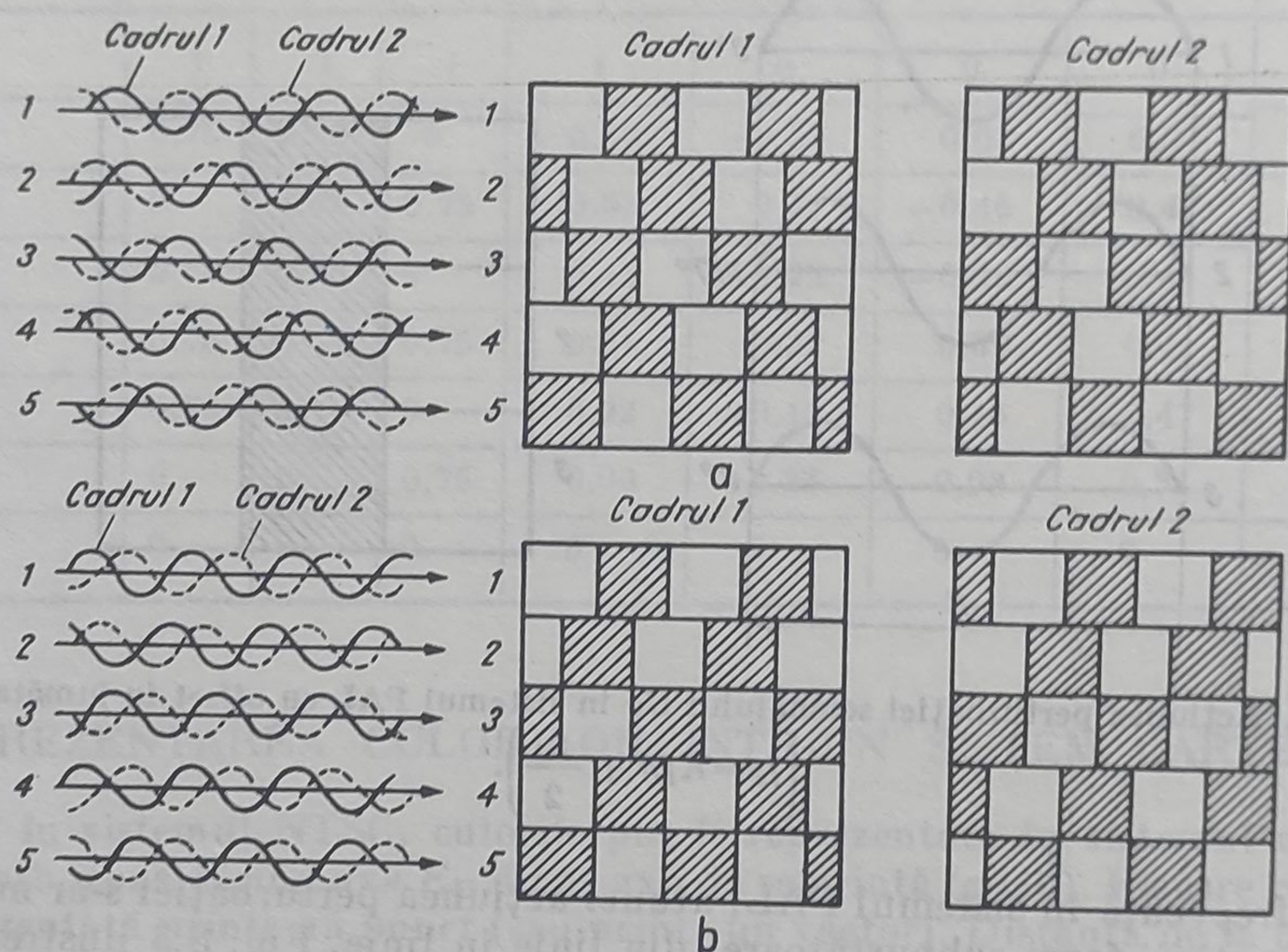


Fig. 8.4. Acțiunea perturbațiilor semnalelor U_U și U_V în sistemul PAL cu offset de un sfert de linie: a – perturbația semnalului U_U ; b – perturbația semnalului U_V .

Pentru standardul cu $Z=625$ este îndeplinită condiția din (8.10), deci trebuie adăugată frecvența $f_V = 25 \text{ Hz}$. Așadar, frecvența subpurtătoare în sistemul PAL este egală cu:

$$f_P = \left(k - \frac{1}{4}\right) f_H + f_V \quad (8.12)$$

În sistemul PAL s-a ales $k=284$. Înlocuind în relația (8.12), $f_H = 15625$ și $f_V = 25 \text{ Hz}$, obținem valoarea frecvenței subpurtătoare:

$$f_P = (284 - 0,25)15625 + 25 = 4,43361875 \text{ MHz} \quad (8.13)$$

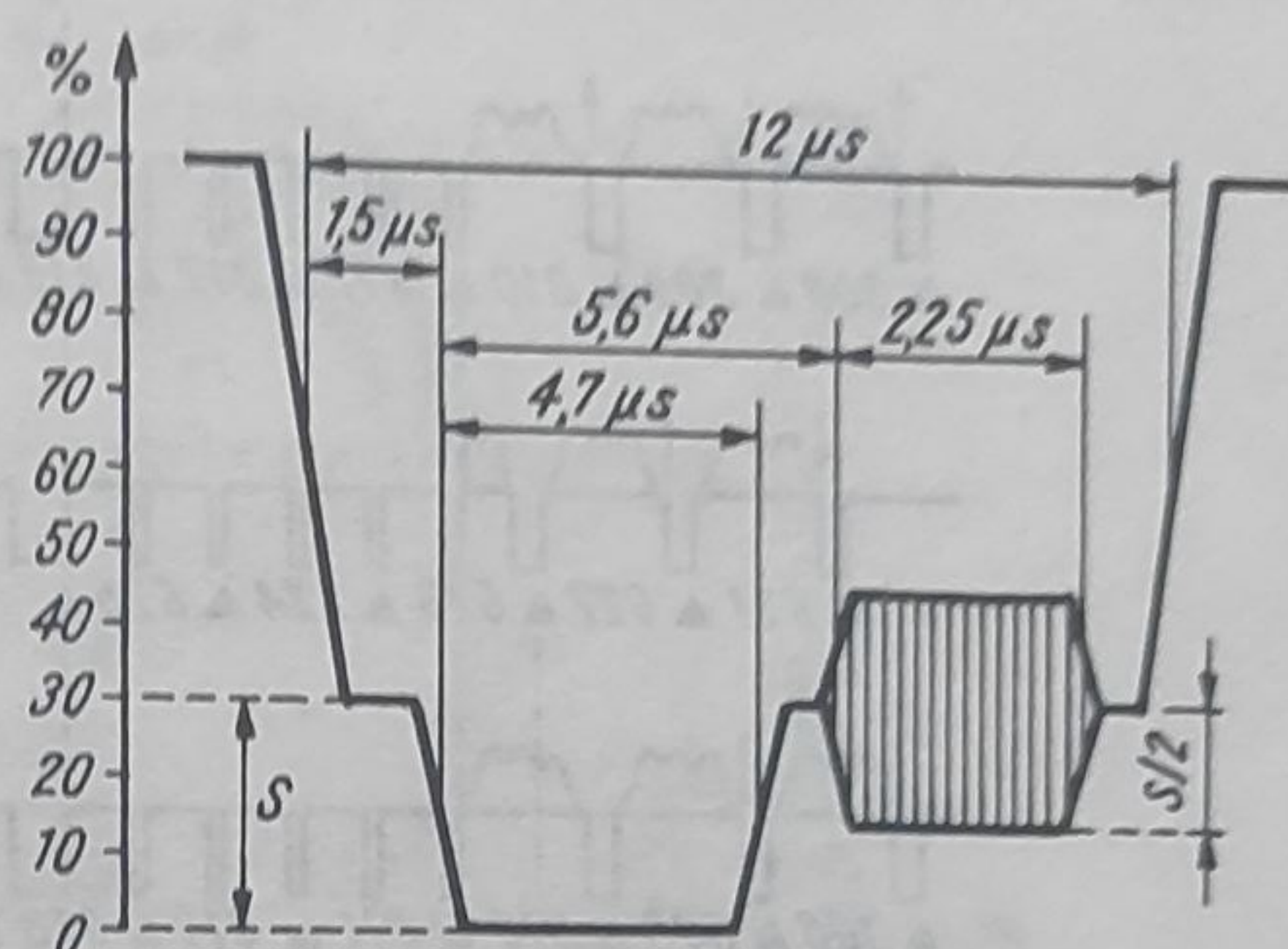
Toleranța pentru frecvența subpurtătoare f_P este de $\pm 1 \text{ Hz}$.

SEMNALUL DE SINCRONIZARE A CULORII

Ca și în sistemul NTSC, pentru sincronizarea în frecvență și în fază a oscilatorului de frecvență f_P din receptor, în sistemul PAL se transmite un semnal de sincronizare a culorii de forma unei salve de sinusoidale (fig. 8.5). Acest semnal cuprinde aproximativ 10 sinusoidale și este plasat pe palierul impulsului de stingere linii după impulsul de sincronizare linii.

Pentru a realiza în receptor detecția semnalului de crominanță E_V este necesar ca faza subpurtătoarei, care se aplică detectorului sincron, să se modifice în ritm cu faza semnalului de crominanță modulată U_V , adică va fi 0° sau 180° . Dirijarea corectă a fazei subpurtătoarei către detectorul sincron se face cu ajutorul unui comutator electronic, care, evident, trebuie sincronizat. Pentru aceasta salvele de culoare se transmit cu fază de $+135^\circ$ în timpul liniilor în care

Fig. 8.5. Forma semnalului sincrocomplex de linii în sistemul PAL.



se transmite semnalul $+U_V$ și cu fază de -135° în timpul liniilor în care se transmite semnalul $-U_V$ (fig. 8.1). Față de axa 180° , semnalul de sincronizare a culorii (salvele de culoare) U_F se transmite cu faza de $\pm 45^\circ$. Față de axa de 0° (axa $+U$), semnalul de sincronizare a culorii se scrie:

$$U_F = E_F \sin(\omega_P t + 180^\circ \pm 45^\circ) = -E_F \sin(\omega_P t \pm 45^\circ) \quad (8.13)$$

Întrucît faza salvelor de culoare se schimbă cu $\pm 45^\circ$ față de valoarea medie de 180° la fiecare linie, rezultă că spectrul semnalului de sincronizare a culorii este format din oscilația subpurtătoarei și din oscilații laterale, dispuse la intervale egale cu jumătate din frecvența liniilor (fig. 8.6). Pentru comparație, în fig. 8.6, *b* se dă și spectrul semnalului de sincronizare a culorii în sistemul NTSC. Pentru transmiterea nedistorsională a semnalului de sincronizare a culorii este necesar un canal cu banda de frecvență de cca $\pm 0,45$ MHz (adică

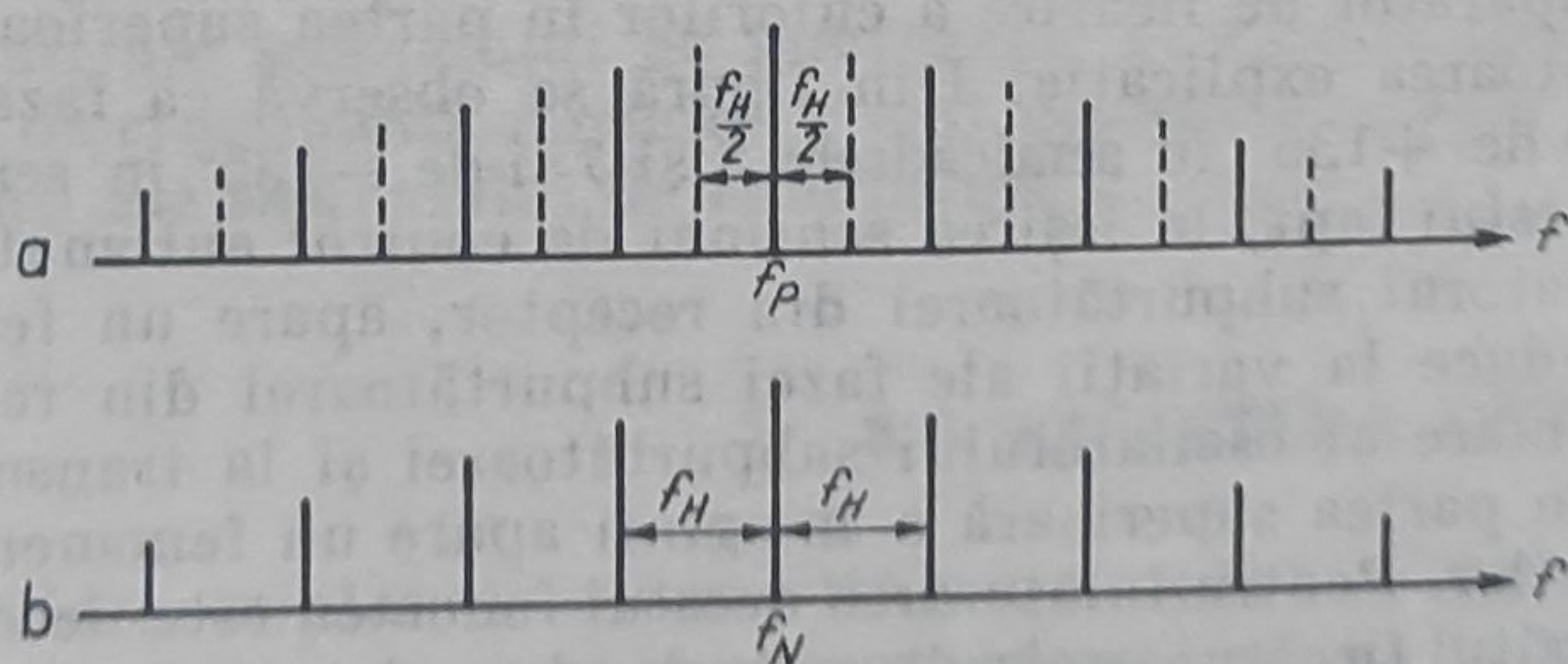


Fig. 8.6. Spectrul semnalului de sincronizare a culorii: *a* — în sistemul PAL; *b* — în sistemul NTSC.

$f_P \pm 0,45$ MHz). Prin urmare, banda de frecvență ocupată de semnalul de sincronizare a culorii se încadrează în banda de frecvență a semnalului de crominanță.

Semnalul de sincronizare a culorii se transmite cu fază $+45^\circ$ (față de axa $-U$) în timpul liniilor impare ale semicadrelor 1 și 2 și în timpul liniilor pare ale semicadrelor 3 și 4 (fig. 8.7, *a*). Semnalul de sincronizare a culorii se transmite cu faza de -45° (față de axa $-U$) în timpul liniilor pare ale semicadrelor

1 și 2 și în timpul liniilor impare ale semicadrelor 3 și 4 (fig. 8.7, b). Rezultă, deci, că perioada de repetiție a salvelor de culoare este de 4 cîmpuri (2 cadre).

După cum am văzut în cap. 7, în sistemul NTSC în intervalul a 9 linii din timpul stingerii pe verticală, semnalul de sincronizare a culorii nu se transmite. Dacă s-ar fi menținut acest procedeu și în sistemul PAL, ar fi apărut

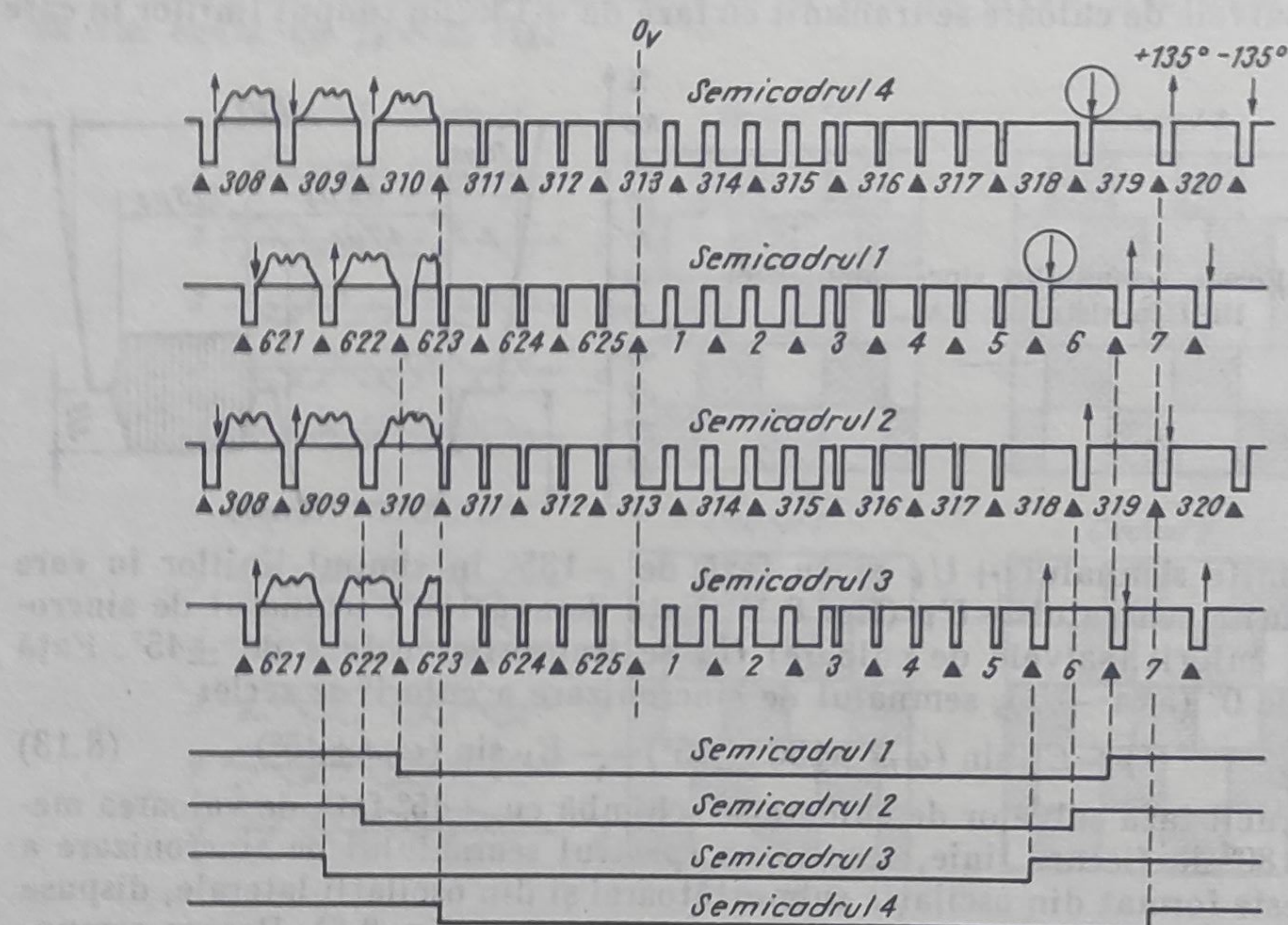


Fig. 8.7. Structura semnalului videocomplex de culoare PAL pe cele patru semicarde.

un fenomen supărător de licărire a culorilor în partea superioară a rastrului, care are următoarea explicație. Din figură se observă că faza primei salve de culoare este de $+135^\circ$ în semicadrelor 2 și 3 și de -135° în semicadrelor 1 și 4. Datorită acestui fapt, la ieșirea schemei de control automat al fazei, care comandă oscilatorul subpurtătoarei din receptor, apare un fenomen tranzitoriu care conduce la variații ale fazei subpurtătoarei din receptor. La un dezacord mai mare al oscilatorului subpurtătoarei și la transmiterea culorilor saturate, în partea superioară a imaginii apare un fenomen supărător de licărire a culorilor. Pentru înlăturarea acestui fenomen este necesar ca la începutul și la sfârșitul fiecărui semicadru salvele de culoare să aibă aceeași fază ($+135^\circ$). În acest scop, eliminarea salvelor de culoare se face în mod diferențiat pe cele 4 cîmpuri, așa cum este arătat în fig. 8.7, b. Salvele de culoare încercuite nu se mai transmit în sistemul PAL. Această procesare are loc la emisie.

SEMNALUL VIDEOCOMPLEX DE CULOARE PAL

Semnalul videocomplex de culoare PAL este format din suma semnalelor de luminanță, de crominanță modulată și de sincronizare a culorii:

$$U_P = E_Y \pm E_V \cos \omega_P t + E_U \sin \omega_P t - E_F \sin (\omega_P t \pm 45^\circ) \quad (8.14)$$

Semnul „+” în expresia (8.14) corespunde liniilor impare din semicadrelor 1 și 2 și liniilor pare din semicadrelor 3 și 4. Semnul „-” corespunde liniilor pare din semicadrelor 1 și 2 și liniilor impare din semicadrelor 3 și 4.

În standardul cu banda de frecvență a canalului video de 5 MHz, semnalul de cromaticitate se transmite cu banda de $f_P \pm 0,57$ MHz. Rezultă, deci, că avem

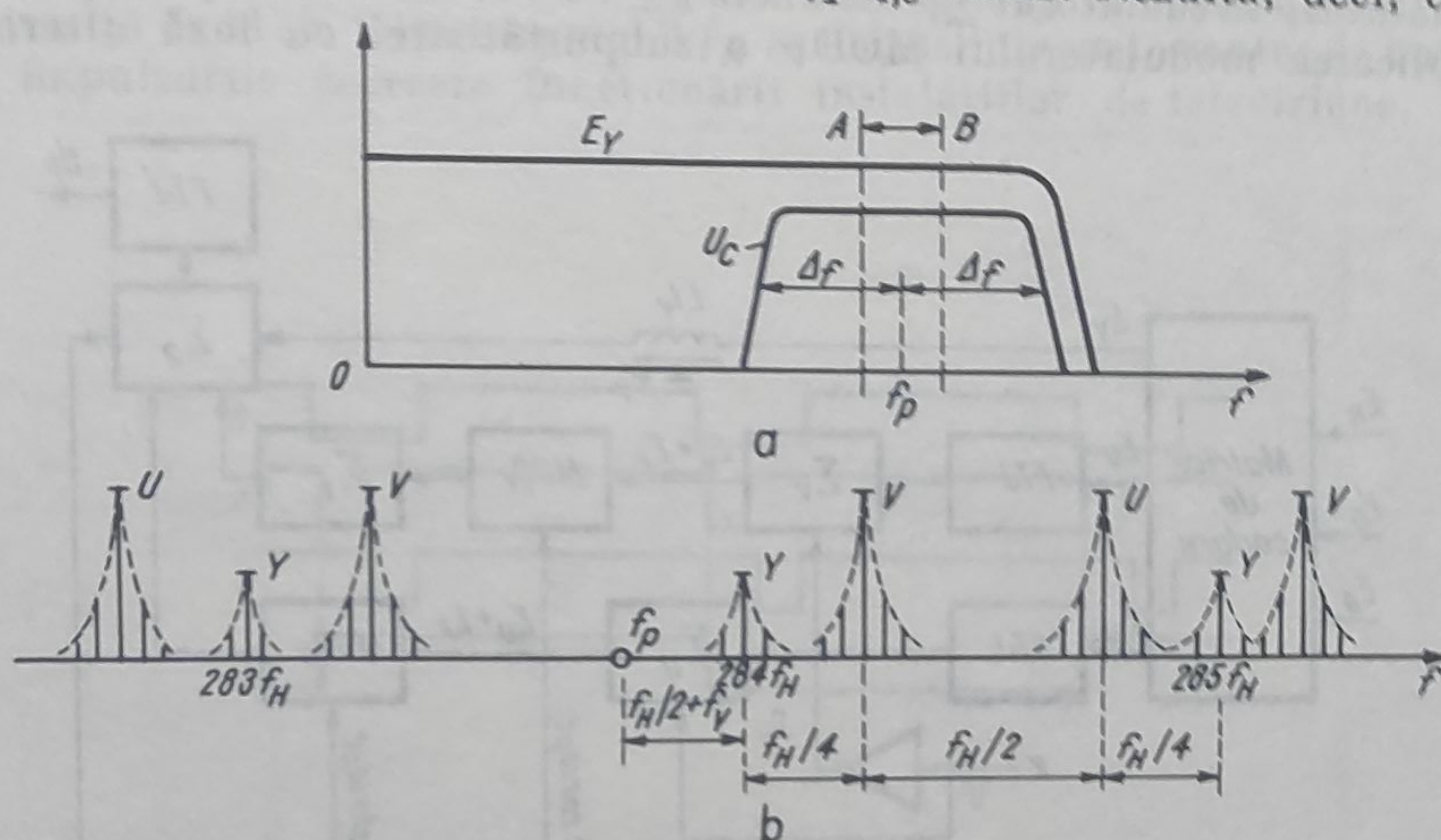


Fig. 8.8. Spectrele semnalelor de luminanță și cromaticitate în sistemul PAL: a — intercalarea benzilor de frecvență; b — structura liniilor spectrale.

o modulație în cuadratură cu benzi laterale asimetrice, banda laterală superioară fiind parțial suprimată.

În standardul cu banda de frecvență a canalului video de 6 MHz (cum este cazul României), semnalul de cromaticitate se transmite cu ambele benzi laterale, adică $f_P \pm 1,3$ MHz ($f_P + 1,3$ MHz = 5,73 MHz < 6 MHz).

Spectrul semnalului de cromaticitate modulat U este prezentat în fig. 8.8, din care rezultă că liniile spectrale de linii sînt deplasate cu $f_H/4$ față de liniile spectrale de linii ale semnalului de luminanță Y . Liniile spectrale de linii ale semnalului de cromaticitate modulat V sînt deplasate cu $f_H/2$ față de liniile spectrale de linii ale semnalului de cromaticitate modulat U .

8.2. STRUCTURA CODORULUI PAL

Semnalul videocomplex de culoare PAL (rel. 8.14) se obține cu ajutorul unui dispozitiv de codare, a cărui structură este prezentată în fig. 8.9 și care rezultă, de fapt, din considerațiile prezentate la pct. 8.1.

Semnalele E_R , E_G , E_B de la camera de televiziune, trecute apoi prin corectorii gamma se aplică unei scheme de matriciere, la ieșirea căreia se obțin semnalele E_Y , E_V și E_U , conform relațiilor (8.1) și (8.3). Semnalele de cromaticitate E_V și E_U trec prin filtrele trece jos FTJ cu banda de trecere de 0—1,3 MHz.

Pentru a obține componenta semnalului de salve pe axa ($-U$) este necesar ca la modulatorul MOD_U să se aplice un impuls negativ K , care determină poziția salvelor de sincronizare a culorii. Acest semnal se însumează cu sem-

nalul E_U în sumatorul Σ_U . Semnalul $E_U + E_F$, astfel obținut, se aplică modulatorului MOD_U împreună cu subpurătoarea $\sin \omega_{pt}$.

Pentru a obține componenta semnalului de salve pe axele $\pm V$, modulatorului MOD_V i se aplică un impuls pozitiv K care, în prealabil, este adunat cu semnalul E_V în sumatorul Σ_V . Semnele „ \pm ” ale semnalului $E_V + E_F$ se obțin prin aplicarea modulatorului MOD_V a subpurătoarei cu fază alternativă

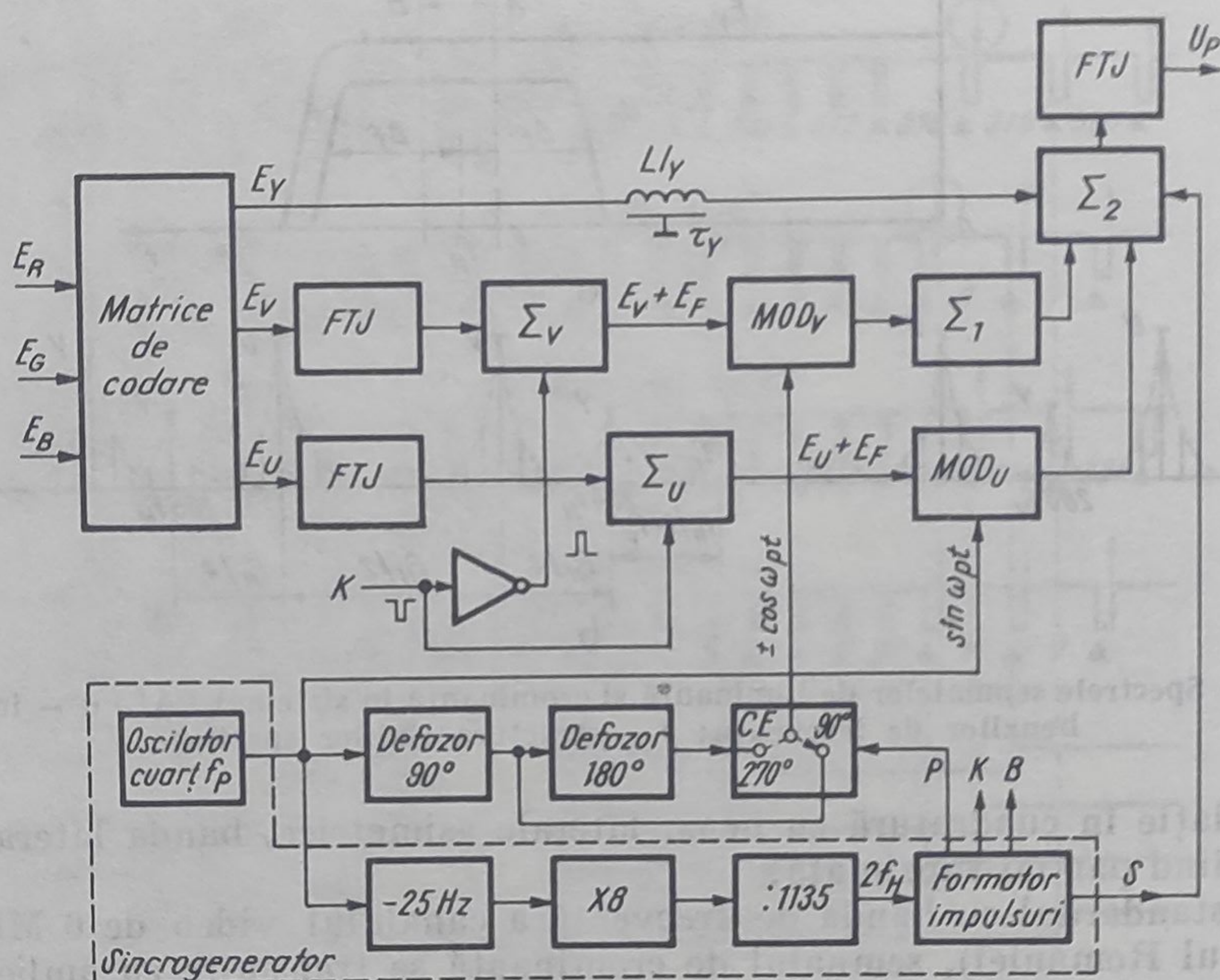


Fig. 8.9. Schema structurală a codorului PAL.

$\pm \cos \omega_{pt}$. Alternarea fazei se obține cu ajutorul unui comutator electronic, comandat de impulsurile P , astfel încât semnul „+” se obține pe poziția „90°”, iar semnul „-” pe poziția „270°”. Suma semnalelor de la ieșirile celor două modulatori, efectuată cu sumatorul Σ_1 , reprezintă semnalul de crominanță modulat în cuadratură. Acest semnal se aplică împreună cu semnalul de luminanță E_Y sumatorului Σ_2 . Semnalului astfel obținut i se adaugă semnalul sincrocomplex S . Suma semnalelor de la ieșirea sumatorului Σ_2 se aplică unui filtru trece jos FTJ cu banda de 6 MHz (sau 5 MHz, în funcție de standardul folosit), la ieșirea căruia se obține semnalul videocomplex de culoare PAL.

Ca și în sistemul NTSC, semnalul E_Y trebuie întârziat cu o linie de întârziere LI_Y pentru a realiza coincidența în timp a semnalelor de luminanță și crominanță ($\tau_Y \approx 0,2 \mu S$).

Cu ajutorul unui oscilator cu cuarț se generează semnalul de subpurătoare $\sin \omega_{pt}$ de frecvență f_P (rel. 8.13). Cu ajutorul unui defazor de 90° se obține semnalul $\cos \omega_{pt}$ și cu defazajul de 180° se obține semnalul $-\cos \omega_{pt}$. Din frecvența dată de oscilator se scade frecvența de 25 Hz, obținându-se frecvența de:

$$f_P - 25 \text{ Hz} = (284 - 0,25) f_H$$

(relația 8.13). Această frecvență este apoi multiplicată cu 8, obținându-se frecvența de:

$$(4 \cdot 284 - 1) 2 f_H = 1135 \cdot 2 f_H.$$

Din această frecvență se obține frecvența de $2 f_H$ cu ajutorul unui divizor de frecvență de 1135. Din semnalul $2 f_H$ se obține într-un formator de impulsuri, toate impulsurile necesare funcționării instalațiilor de televiziune, printre

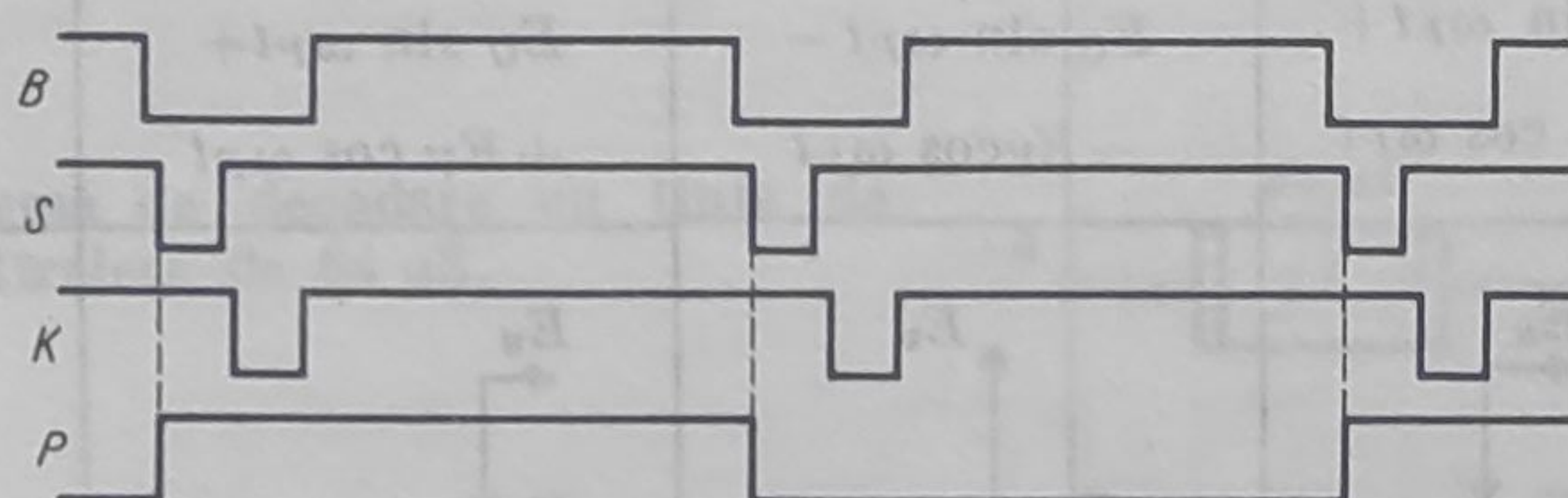


Fig. 8.10. Structura semnalelor K și P .

care și semnalele S , B , K , P (fig. 8.10). Semnalul K indică intervalul de transmitere a salvelor de sincronizare, iar semnalul P indică, prin nivelul „1”, liniile în care faza salvelor de sincronizare este de $+135^\circ$.

8.3. STRUCTURA DECODORULUI PAL

Sistemul PAL permite realizarea decodului din receptor în mai multe variante. Se cunoaște varianta PAL_S (fără linie de întârziere), care, de mult, nu se mai folosește. Se cunosc variantele PAL_D , PAL_N , PAL_{NN} , în care este prezentă linia de întârziere de $64 \mu S$. Întrucât variantele PAL_N și PAL_{NN} nu se deosebesc, principal, de varianta PAL_D , vom analiza doar varianta PAL_D .

Elementele noi care apar într-un decodor PAL sînt prezentate în schema din fig. 8.11. În componența acestei scheme intră un defazor cu 180° , o linie de întârziere LI cu $64 \mu S$ (adică durata unei linii de televiziune) și două sumatoare Σ_U și Σ_V . Vom urmări funcționarea acestei scheme, ajutîndu-ne și de tabelul 8.3, în care, pe orizontală, sînt notate liniile succesive dintr-un cadru, iar pe verticală, punctele de măsură a semnalelor din schema din fig. 8.11.

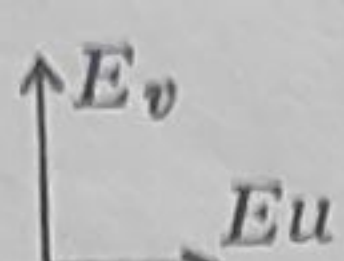
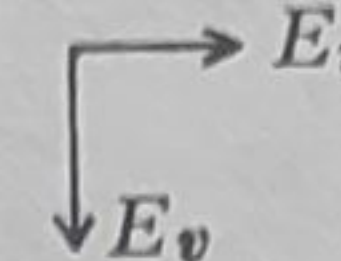
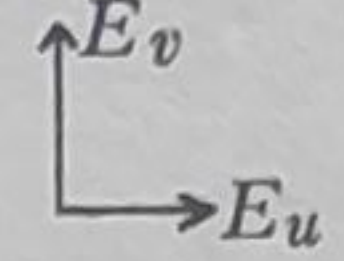
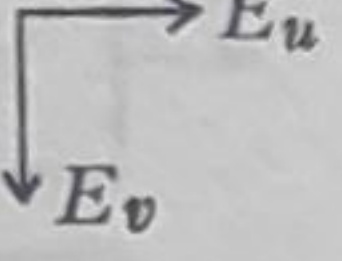
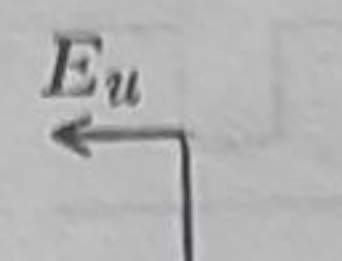
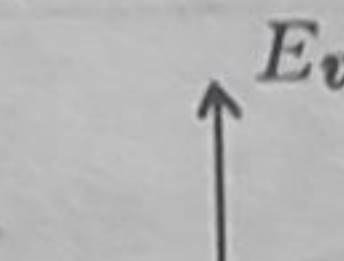
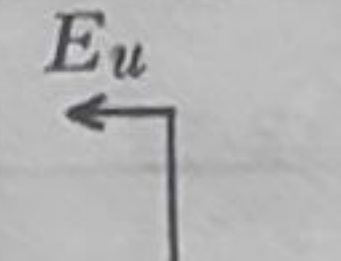

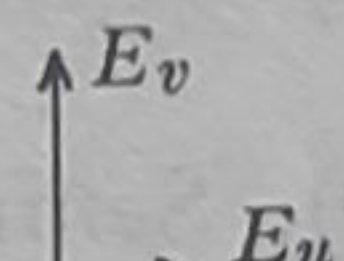
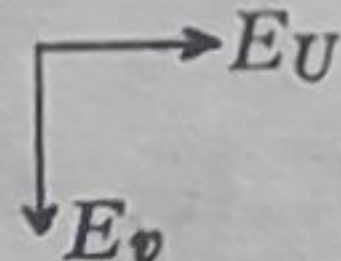
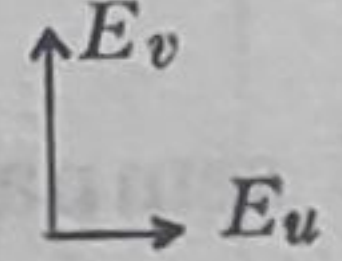
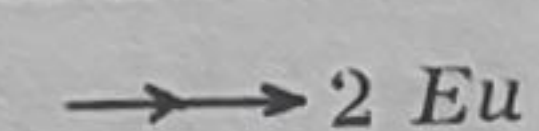
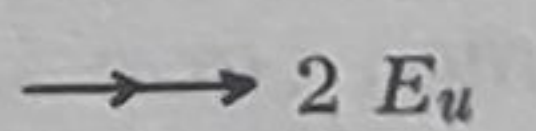
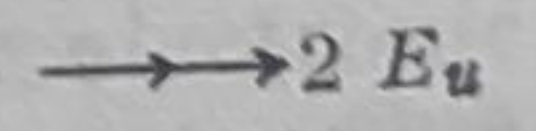
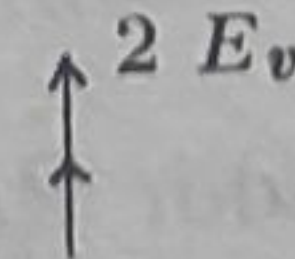
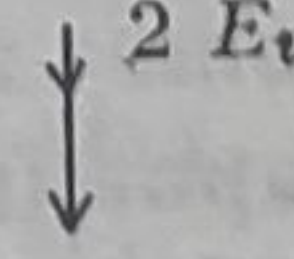
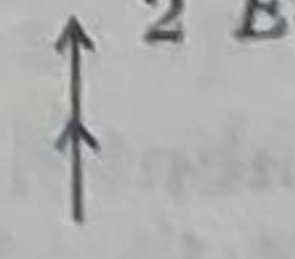
Pe durata liniei n semnalul în punctul A este:

$$U_n = E_U \sin \omega_P t - E_V \cos \omega_P t, \quad (8.15)$$

iar în punctul C se regăsește semnalul liniei $n-1$ din punctul A , deoarece acesta este întârziat cu o linie, adică:

$$U_{n-1} = E_U \sin \omega_P t + E_V \cos \omega_P t \quad (8.16)$$

Tabelul 8.3

Linia	$n-1$	n	$n+1$	$n+2$
Punctul de măsură				
A	 $U_{n-1} = E_U \sin \omega_F t + E_V \cos \omega_P t$	 $U_n = E_U \sin \omega_P t - E_V \cos \omega_F t$	 $U_{n+1} = E_U \sin \omega_P t + E_V \cos \omega_P t$	 $U_{n+2} = E_U \sin \omega_P t + E_V \cos \omega_P t$
B	 $-U_{n-1} = -E_U \sin \omega_P t - E_V \cos \omega_P t$	 $-U_n = -E_U \sin \omega_P t + E_V \cos \omega_P t$	 $-U_{n+1} = -E_U \sin \omega_P t - E_V \cos \omega_P t$	 $-U_{n+2} = -E_U \sin \omega_P t + E_V \cos \omega_P t$
C		 $U_{n+1} = E_U \sin \omega_F t + E_V \cos \omega_F t$	 $U_n = E_U \sin \omega_P t - E_V \sin \omega_P t$	 $U_{n+1} = E_U \sin \omega_P t + E_V \cos \omega_P t$
$D = A + C$		 $U_{n-1} + U_n = 2 E_U \sin \omega_P t$	 $U_n + U_{n+1} = 2 E_U \sin \omega_P t$	 $U_{n+1} + U_{n+2} = 2 E_U \sin \omega_P t$
$E = B + C$		 $U_{n-1} - U_n = 2 E_V \cos \omega_P t$	 $U_n - U_{n-1} = 2 E_V \cos \omega_P t$	 $U_{n+1} - U_{n+2} = 2 E_V \cos \omega_P t$

Prin însumarea acestor două semnale în sumatorul Σ_U obținem:

$$U_{t+} = U_n + U_{n-1} = 2 E_U \sin \omega_P t \quad (8.17)$$

Este ușor de arătat că și pe durata liniilor $n+1, n+2, \dots$ se obține semnalul $2 E_U \sin \omega_P t$.

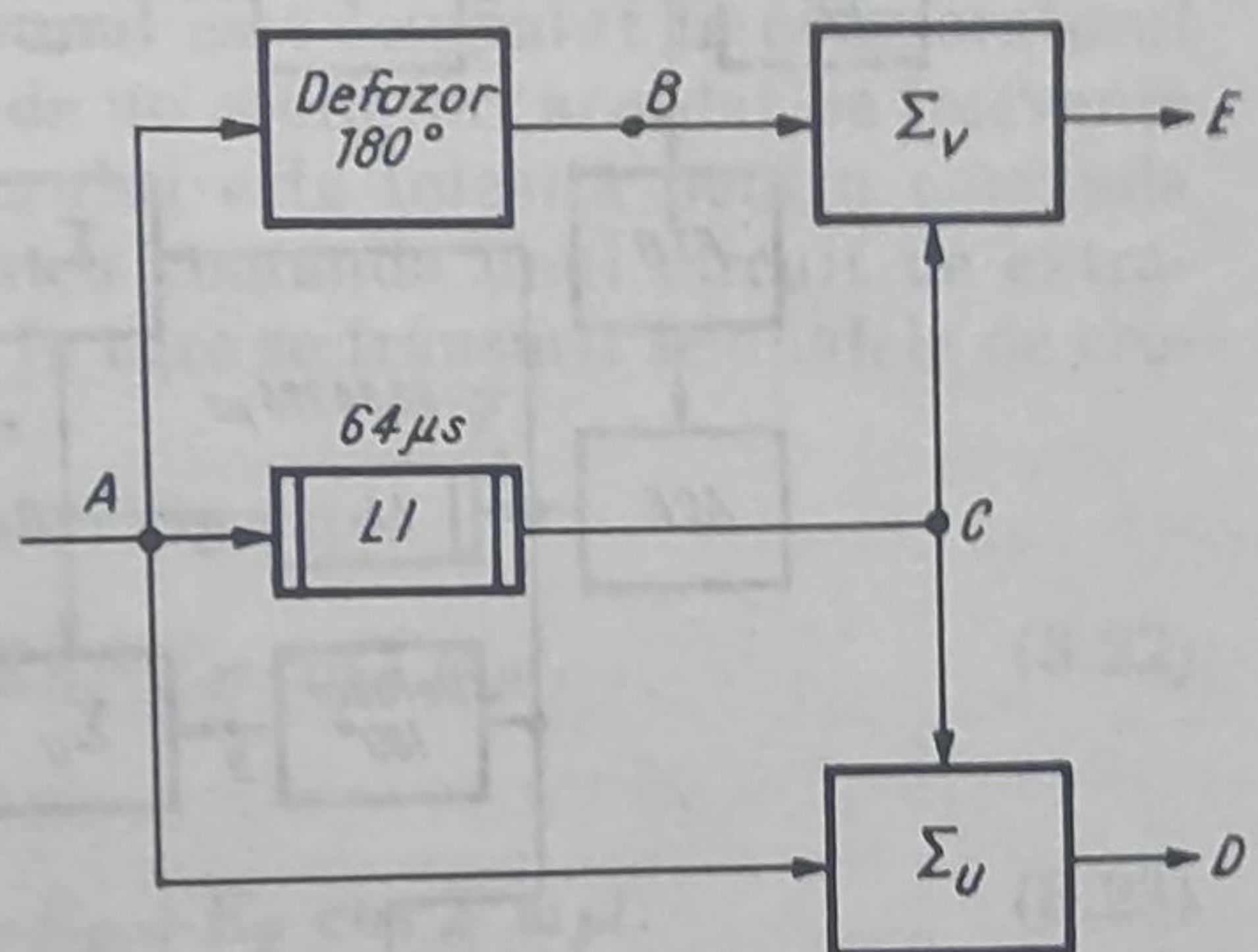
Datorită defazajului cu 180° , semnalele în punctul B pe durata liniei n va fi egal cu $-U_n$, adică:

$$-U_n = -E_U \sin \omega_P t + E_V \cos \omega_P t \quad (8.18)$$

Prin însumarea acestui semnal cu semnalul întârziat U_{n-1} din expresia (8.16) în sumatorul Σ_V se obține:

$$U_- = -U_n + U_{n+1} = 2 E_V \cos \omega_P t \quad (8.16)$$

Fig. 8.11. Schema de decodare cu linie de întârziere de $64 \mu S$.



Pe durata liniei $(n+1)$ se obține semnalul:

$$U_- = -U_{n+1} + U_n = -2 E_V \cos \omega_P t \quad (8.20)$$

Deci, semnalul la ieșirea sumatorului Σ_V este de forma:

$$U_- = \pm 2 E_V \cos \omega_P t, \quad (8.21)$$

adică, faza acestuia alternează cu 180° de la linie la linie. De aceea, pentru a demodula acest semnal, trebuie ca detectorul sincron să primească un semnal de forma $\pm \cos \omega_P t$.

Pentru a realiza suprapunerea fazelor semnalelor directe A și B (fig. 8.11) cu faza semnalului întârziat C , așa cum s-a presupus în diagramele vectoriale din tab. 8.1, durata liniei de întârziere trebuie să difere de $64 \mu S$. Într-adevăr,

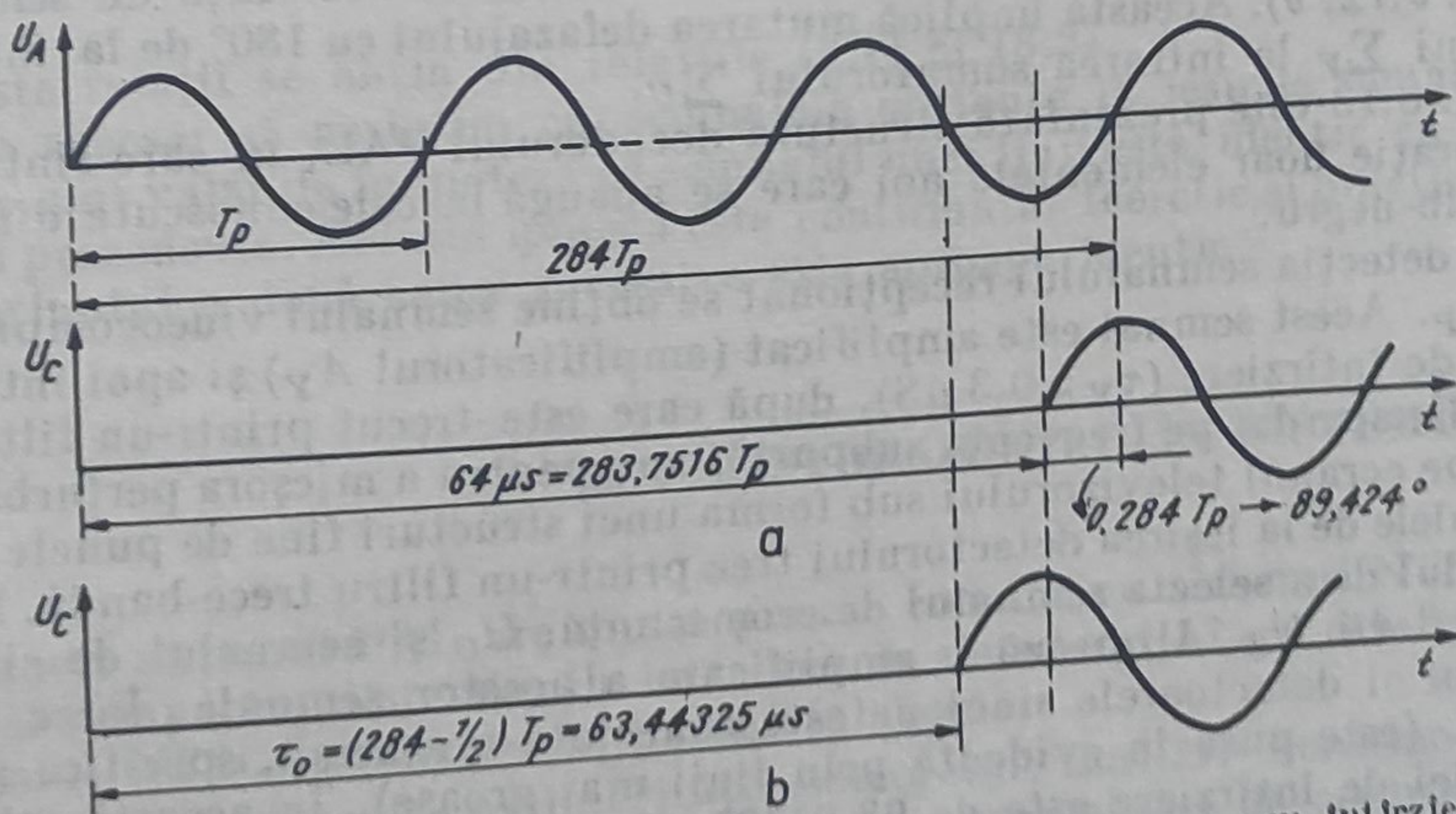


Fig. 8.12. Forma semnalelor înainte și după linia de întârziere: a — cu întârziere de $64 \mu S$; b — cu întârziere de $63,94325 \mu S$.

în intervalul de timp de $64 \mu\text{S}$ se cuprind 283,7516 perioade ale subpurătoarei $f_P = 4,43361875 \text{ MHz}$, adică pentru $\tau_0 = \tau_H = 64 \mu\text{S}$ semnalul întârziat este în avans cu $89,424^\circ$ față de semnalul neîntârziat (fig. 9.12, a). De aceea, durata liniei de întârziere s-a ales egală cu:

$$\tau_0 = \left(284 - \frac{1}{2}\right) T_P = \frac{283,5}{f_P} = 63,94325 \mu\text{S}. \quad (8.25)$$

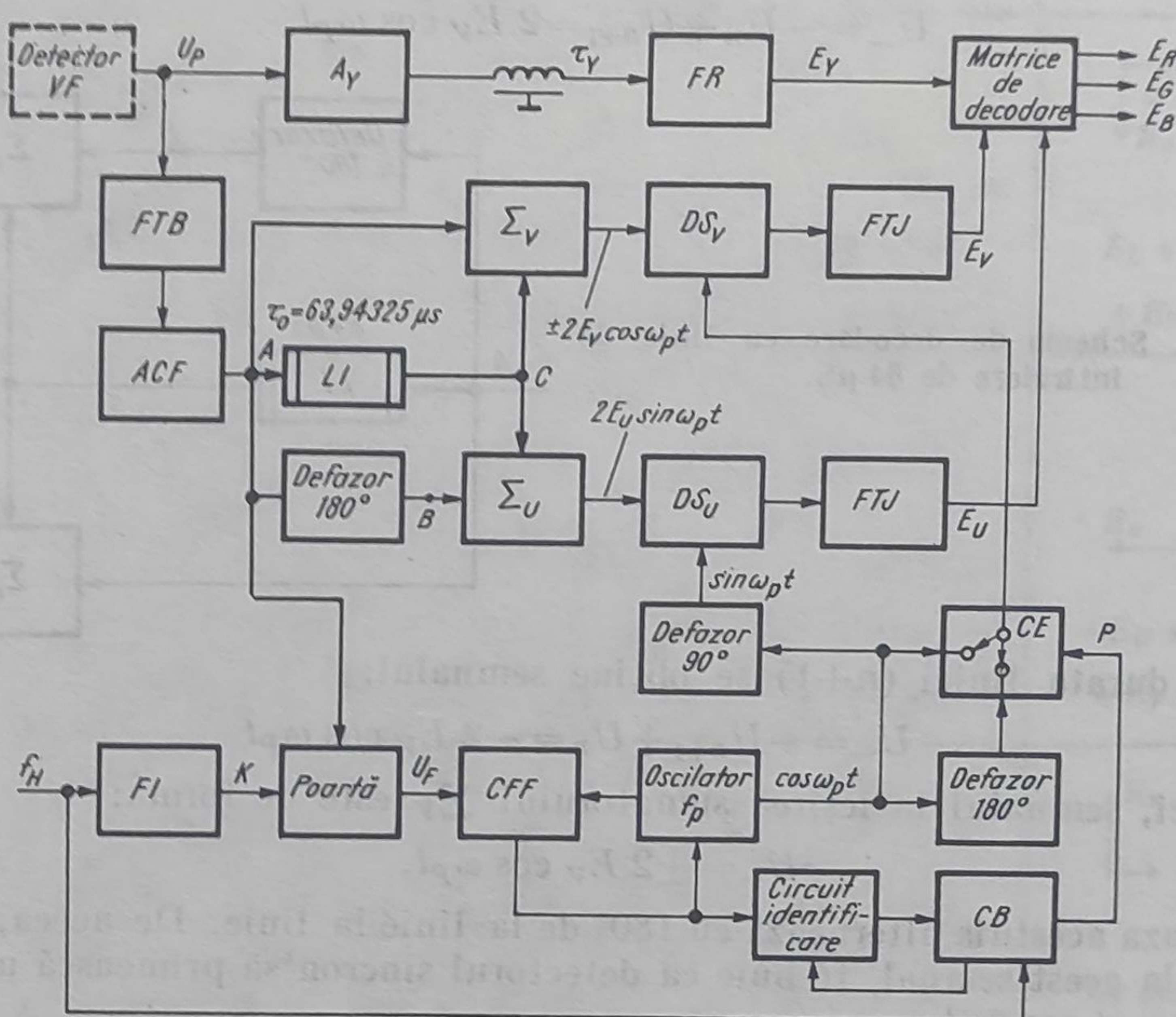


Fig. 8.13. Schema structurală a decodurului PAL.

În acest fel, semnalul întârziat va fi în avans cu 180° față de semnalul direct (fig. 9.12, b). Aceasta implică mutarea defazajului cu 180° de la intrarea sumatorului Σ_V la intrarea sumatorului Σ_U .

În fig. 8.13 este prezentată structura decodurului PAL, în care sînt luate în considerație doar elementele noi care se adaugă la cele cunoscute dintr-un receptor alb-negru.

După detecția semnalului recepționat se obține semnalul videocomplex de culoare U_P . Acest semnal este amplificat (amplificatorul A_Y) și apoi întârziat cu o linie de întârziere ($\tau_Y \approx 0,3 \mu\text{S}$), după care este trecut printr-un filtru de respingere, FR, acordat pe frecvența subpurătoare pentru a micșora perturbațiile care apar pe ecranul televizorului sub forma unei structuri fine de puncte.

Semnalele de la ieșirea detectorului trec printr-un filtru trece-bandă, FTB, care are rolul de a selecta semnalul de cromaticitate, U_C și semnalul de sincronizare a culorii U_F . Urmează o amplificare a acestor semnale. Între acest amplificator și detectoarele sincrone este conectată o schemă, specifică sistemului PAL (este pusă în evidență prin linii mai groase). În această schemă durata liniei de întârziere este de $63,94325 \mu\text{S}$, ceea ce implică, așa cum s-a arătat, conectarea defazorului cu 180° în calea semnalului către sumatorul Σ_U .

Semnalul $\pm \cos \omega_P t$ se obține cu ajutorul unui comutator electronic CE , care dirijează spre DS_V succesiv (din linie în linie) semnalele $\cos \omega_P t$ și $-\cos \omega_P t$. Comutatorul electronic este comandat cu impulsuri dreptunghiulare P de perioadă $f_H/2$, furnizate de un circuit bistabil CB . Acest circuit bistabil este comandat pe tact de impulsurile de linie f_H și este adus în fază de către impulsurile de identificare de frecvență $f_H/2$.

Cu ajutorul unui formator de impulsuri FI se obține din semnalul f_H impulsurile K , care comandă poarta de extragere a semnalului de sincronizare a culorii U_F (salvele de culoare). Acest semnal este comparat în comparatorul de frecvență și fază (CFF) cu semnalul dat de un oscilator, acordat pe frecvența f_P . Tensiunea rezultată la ieșirea oscilatorului este folosită pentru comanda frecvenței și fazei oscilatorului, cât și pentru comanda unui circuit de extragere a informației de identificare a liniilor în care se transmit semnalele de cromaticitate cu fază $+135^\circ$.

Semnalul de la ieșirea demodulatorului DS_U este:

$$2 E_U \sin \omega_P t \cdot \sin \omega_P t = E_U - E_U \cos 2 \omega_P t, \quad (8.22)$$

iar la ieșirea demodulatorului DS_V este:

$$\pm 2 E_V \cos \omega_P t (\pm \cos \omega_P t) = E_V + E_V \cos 2 \omega_P t. \quad (8.23)$$

Filtrele trece-jos, conectate la ieșirile demodulatorilor sincrone, înlătură componentele $E_U \cos 2 \omega_P t$ și $E_V \cos 2 \omega_P t$, obținând astfel semnalele video E_U și E_V .

Semnalele E_Y , E_U și E_V se aplică unei matrici de decodare, la ieșirea căreia se obțin semnalele E_R , E_G , E_B , conform relațiilor:

$$\begin{aligned} E_R &= \frac{E_V}{0,877} + E_Y = 1,14 E_V + E_Y \\ E_G &= E_Y - 0,378 E_U - 0,580 E_V \\ E_B &= \frac{E_U}{0,493} + E_Y = 2,03 E_U + E_Y. \end{aligned} \quad (8.24)$$

Aceste relații se obțin din relațiile (8.1) și (8.3).

Este necesar să amintim că semnalele obținute la ieșirile sumatoarelor Σ_U și Σ_V sînt valabile în ipoteza că semnalul unei linii este identic cu semnalul liniei precedente. Această ipoteză este confirmată, teoretic și practic, deoarece conținutul a două cadre succesive este aproape identic.

8.4. DISTORSIUNILE ÎN SISTEMUL PAL

Întrucît sistemul PAL are multe puncte comune cu sistemul NTSC, este indicat să comparăm distorsiunile introduse de sistemul PAL cu cele introduse de sistemul NTSC, analizate în paragraful 7.4.

Distorsiunile datorate neliniarității sistemului, limitării benzilor de frecvență a semnalelor de luminanță, pătrunderii semnalului de cromaticitate în canalul de luminanță sînt practic aceleași ca și în sistemul NTSC.

Transmiterea semnalului videocomplex de culoare cu o singură bandă laterală conduce la aceleași distorsiuni de strălucire și de saturație, ca și în sistemul NTSC, în schimb distorsiunile de nuanță nu mai apar.

Distorsiunile datorate pătrunderii semnalului de crominanță în canalul de luminanță produc, practic, același efect ca și în sistemul NTSC, cu deosebirea că vizual apar altfel deoarece structura subpurtătoarei este alta.

PĂTRUNDEREA SEMNALULUI DE LUMINANȚĂ ÎN CANALUL DE CROMINANȚĂ

Ca și în sistemul NTSC, pătrunderea semnalului de luminanță în canalul de crominanță conduce la apariția pe ecranul televizorului a unei perturbații sub forma unei structuri de puncte. Datorită offsetului de un sfert de linie, această structură este uniformă, în schimb integrarea de către ochi este mai slabă, datorită faptului că ciclul de repetiție a imaginii este de două ori mai mare ($f_V:4=6,25$ Hz).

Se poate arăta că schema cu linie de întârziere din receptor cu $\tau_0=63,94325$ μ S produce o atenuare a componentelor de înaltă frecvență ale semnalului de luminanță care au pătruns în canalul de crominanță. Astfel, la marginile benzilor de frecvență ale semnalelor de crominanță modulate, componentele de luminanță se atenuează de 2 ori în canalul U și 1,16 ori în canalul V , iar la mijlocul benzilor de frecvență, atenuarea este de 1,4 ori în ambele canale U și V .

EFFECTUL ERORILOR DE FAZĂ

Așa cum s-a arătat în paragraful 7.4, neechilibrarea modulatorilor din codor, restabilirea inexactă a fazei subpurtătoarei în receptor, inexactitatea cuadraturii semnalelor E_U și E_V se reduc la existența unei erori de fază, φ . În acest caz, în expresiile (8.15÷8.21), în loc de $\sin \omega_P t$ și $\cos \omega_P t$ vom avea $\sin(\omega_P t - \varphi)$ și, respectiv, $\cos(\omega_P t - \varphi)$. Deci, semnalul la ieșirea detectorului sincron este egal cu:

$$\begin{aligned} 2 E_U \sin(\omega_P t - \varphi) \cdot \sin \omega_P t &= 2 E_U (\sin \omega_P t \cos \varphi - \cos \omega_P t \sin \varphi) \sin \omega_P t = \\ &= 2 E_U \cos \varphi \cdot \sin^2 \omega_P t - 2 E_U \sin \varphi \sin \omega_P t \cos \omega_P t = E_U \cos \varphi - \\ &\quad - E_U \sin \varphi \sin 2 \omega_P t - E_U \cos \varphi \cdot \cos 2 \omega_P t. \end{aligned} \quad (8.25)$$

La ieșirea filtrului trece jos, FTJ, se obține semnalul:

$$E_U \cos \varphi \quad (8.26)$$

La fel se arată că la ieșirea filtrului trece jos, FTJ, din canalul V avem:

$$E_V \cos \varphi \quad (8.27)$$

După cum se observă raportul semnalelor $E_U \cos \varphi$ și $E_V \cos \varphi$ este egal cu E_U/E_V , adică nuanța culorii este redată corect. În schimb, amplitudinile celor două semnale sînt reduse (întrucît $\cos \varphi \leq 1$), ceea ce înseamnă că apare o micșorare a saturației culorii reproduse. Acest rezultat este foarte important, constituind avantajul principal al sistemului PAL față de sistemul NTSC. Dacă se admite că variații de saturație de 20% nu sînt supărătoare pentru ochi, se obține o eroare de fază admisă de 37° (întrucît $1 - \cos 37^\circ \approx 0,20$). În

sistemul PAL se admit erori de fază de pînă la $\pm 45^\circ$, corespunzătoare unei erori de saturație de 30%. Există variante de decodare PAL (de exemplu, PAL_N) care admit erori de fază de $\pm 80^\circ$.

EFECTUL INSTABILITĂȚII DURATEI LINIEI DE ÎNTÎRZIERE

Dacă durata liniei de întîrziere diferă cu $\Delta\tau_0$ față de durata nominală τ_0 , apar distorsiuni de intermodulație a semnalelor E_U și E_V . Eroarea $\Delta\tau_0$ este echivalentă cu o eroare a fazei subpurtătoarei cu α° :

$$\alpha^\circ = 360 f_P \cdot \Delta\tau_0 \quad (8.28)$$

Semnalul la ieșirea liniei de întîrziere (fig. 8.11) nu va mai avea expresia din relația (8.11) ci:

$$U_{n-1} = E_U \sin(\omega_P t - \alpha^\circ) + E_V \cos(\omega_P t - \alpha^\circ) \quad (8.29)$$

Deci, pe durata liniei n semnalul la ieșirea sumatorului Σ_U este egal cu:

$$U_+ = E_U [\sin \omega_P t + \sin(\omega_P t - \alpha^\circ)] + E_V [-\cos \omega_P t + \cos(\omega_P t - \alpha^\circ)] \quad (8.30)$$

Pe durata liniei $(n+1)$ se obține semnalul:

$$U_+ = E_U [\sin \omega_P t + \sin(\omega_P t - \alpha^\circ)] + E_V [\cos \omega_P t - \cos(\omega_P t - \alpha^\circ)] \quad (8.31)$$

După transformări, semnalele U_+ pentru cele două linii succesive se pot pune sub forma:

$$U_+ = 2 E_U \cos \frac{\alpha^\circ}{2} \sin \left(\omega_P t - \frac{\alpha}{2} \right) \mp 2 E_V \sin \frac{\alpha}{2} \sin \left(\omega_P t - \frac{\alpha}{2} \right) \quad (8.32)$$

În mod similar se poate arăta că la ieșirea sumatorului Σ_V avem pentru două linii succesive, semnalul:

$$U_- = 2 E_V \cos \frac{\alpha}{2} \cos \left(\omega_P t - \frac{\alpha}{2} \right) \mp 2 E_U \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\omega_P t - \frac{\alpha}{2} \right) \quad (8.33)$$

Primii termeni din expresiile (8.32) și (8.33) reprezintă semnalele utile, iar ceilalți termeni reprezintă semnale perturbatoare. După detecția sincronă și filtrare se obțin semnalele:

$$E_U \cos \frac{\alpha}{2} \mp E_V \sin \frac{\alpha}{2} \quad (8.34)$$

$$E_V \cos \frac{\alpha}{2} \pm E_U \sin \frac{\alpha}{2}$$

Întrucît culorile a două linii adiacente sînt foarte probabil a fi aceleași, aparatul vizual realizează o mediere (integrare) destul de bună, astfel încît distorsiunile de nuanță nu sînt perceptibile. În schimb, apar linii de rastru cu străluciri diferite, adică o succesiune de linii întunecoase și luminoase la transmisele culorilor saturate. Acest efect este cunoscut sub denumirea de „efect de jaluzele”. Experimental s-a arătat că acest efect este nesupăraător pentru valori ale unghiului α de pînă la $24^\circ - 30^\circ$, ceea ce înseamnă o eroare a duratei liniei de întîrziere de $\Delta\tau_0 = 15 - 20$ nS. Această toleranță trebuie menținută într-o gamă largă de temperatură. De aceea, liniile de întîrziere pentru receptorul PAL sînt executate din sorturi speciale de sticlă.

Cum funcționează sistemul de televiziune în culori SECAM

Sistemul de televiziune în culori SECAM (prescurtarea de la „Sequential couleur à mémoire”) a fost elaborat în Franța și a fost introdus în exploatare într-o serie de țări din Europa după 1966 (URSS în 1966, Franța în 1967).

9.1. PRINCIPIILE DE BAZĂ ALE SISTEMULUI SECAM

Pe lângă caracteristicile specifice sistemului SECAM, vom aminti și pe cele comune cu sistemul NTSC, făcînd apel, bineînțeles, și la materialul din capitolul 6.

SEMNALUL DE LUMINANȚĂ

În sistemul SECAM semnalul de luminanță este de forma:

$$E_Y = 0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B, \quad (9.1)$$

care a fost dedusă în paragraful 6.4.

SEMNALELE DE CROMINANȚĂ

În sistemul SECAM semnalele de crominanță se notează cu D_R și D_B și sînt de forma:

$$D_R = -1,9 E_{R-Y} = -1,9 (E_R - E_Y) \quad (9.2)$$

$$D_B = 1,5 E_{B-Y} = 1,5 (E_B - E_Y)$$

Valorile coeficienților 1,9 și 1,5 s-au ales din condiția ca amplitudinile maxime ale semnalelor de crominanță să fie egale cu unitatea în cazul transmisiei mîrei cu bare color de amplitudine 75% și saturație 100%. Din tabelul 6.3 rezultă că valorile extreme ale semnalului de crominanță E_{R-Y} sînt egale cu $\pm 0,53$, deci se verifică $1,9 \cdot 0,53 = 1$. Pentru semnalul de crominanță E_{B-Y} valorile extreme sînt egale cu $\pm 0,66$, deci se verifică $1,5 \cdot 0,66 = 1$.

Pentru semnalul D_R s-a ales semnul negativ din următoarele motive: studiul statistic al semnalelor de crominanță E_{R-Y} și E_{B-Y} a arătat că în

majoritatea cazurilor predomină mărimile pozitive pentru semnalul E_{R-Y} și negative pentru semnalul E_{B-Y} , adică:

$$\begin{aligned} -0,15 &\leq E_{R-Y} \leq 0,40 \\ -0,50 &\leq E_{B-Y} \leq 0,20 \end{aligned} \quad (9.4)$$

Prin schimbarea semnului semnalului E_{R-Y} , pentru ambele semnale de crominanță va predomina deviația de frecvență negativă, îmbunătățindu-se, în acest fel, stabilitatea la limitarea benzii superioare a semnalelor de crominanță. De asemenea, se micșorează diferența medie a valorilor instantanee ale frecvenței între liniile adiacente, ceea ce îmbunătățește compatibilitatea.

Dacă se ține seama de relațiile (6.12), semnalele D_R și D_B se pot exprima și în funcție de semnalele E_R , E_G , E_B :

$$\begin{aligned} D_R &= -1,33 E_R + 1,12 E_G + 0,21 E_B \\ D_B &= -0,45 E_R - 0,88 E_G + 1,33 E_B \end{aligned} \quad (9.3)$$

TRANSMITEREA SECVENȚIALĂ A SEMNALELOR D_R și D_B

Ideea de bază a sistemului SECAM constă în transmiterea secvențială cu frecvența liniilor a semnalelor de crominanță D_R și D_B . Așadar, pe durata fiecărei linii se transmite doar un singur semnal de crominanță: ori D_R , ori D_B . Ordinea de transmitere a semnalelor D_R și D_B este precizată în norme și este necesar ca în receptor să existe o informație asupra acestei ordini. Despre aceasta se va vorbi la alegerea semnalelor de identificare a culorii.

Întrucât la un moment dat, în canal, este prezent doar unul din semnalele de crominanță D_R sau D_B , rezultă că interferența între aceste două semnale de crominanță este eliminată și că este posibil de a adopta cel mai adecvat tip de modulație, respectiv modulația de frecvență.

PRELUCRAREA SEMNALELOR DE CROMINANȚĂ D_R și D_B

Înainte de modulație, semnalele de crominanță D_R și D_B suferă două prelucrări:

- Benzile de frecvență ale acestor semnale sînt limitate, la 1,5 MHz cu o atenuare de 6 dB, în timp ce atenuarea la 3 MHz este de 20 dB.
- Semnalele de crominanță suferă o preaccentuare în sensul măririi amplitudinii componentelor de frecvență înaltă. Analiza semnalelor de crominanță arată că energia componentelor de frecvență înaltă este practic foarte redusă în raport cu cea a componentelor de joasă frecvență. Rezultă că, componentele de frecvență înaltă pot fi afectate puternic de zgomot. Pentru a îmbunătăți raportul semnal/zgomot, înainte de modulație se mărește nivelul componentelor de înaltă frecvență ale semnalelor de crominanță D_R și D_B . Această operație se numește „preaccentuare video”. Pentru a nu se produce distorsionarea semnalelor transmise, în receptor are loc după demodulare o operație inversă de „dezaccentuare video”.

Preaccentuarea video se realizează cu ajutorul unei rețele a cărei caracteristică amplitudine-frecvență este de forma:

$$K(f) = \sqrt{\frac{1+(f/f_1)^2}{1+(f/kf_1)^2}} \quad (9.5)$$

sau în decibeli:

$$K_{dB}(f) = 10 \log K^2(f)$$

în care $k=3$ și $f_1=85$ KHz.

În tabelul 9.1 sînt date valorile $K_{dB}(f)$ pentru cîteva frecvențe, iar în fig. 9.1 este prezentată curba $K_{dB}(f)$. Legea de preaccentuare este practic liniară

Tabelul 9.1

f [KHz]	0	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$K(f)$	1	1,14	1,44	2,01	2,38	2,59	2,71	2,79	2,84	2,87	2,90	2,92
$K_{dB}(f)$	0	1,12	3,15	6,07	7,52	8,25	8,66	8,91	9,06	9,17	9,25	9,30

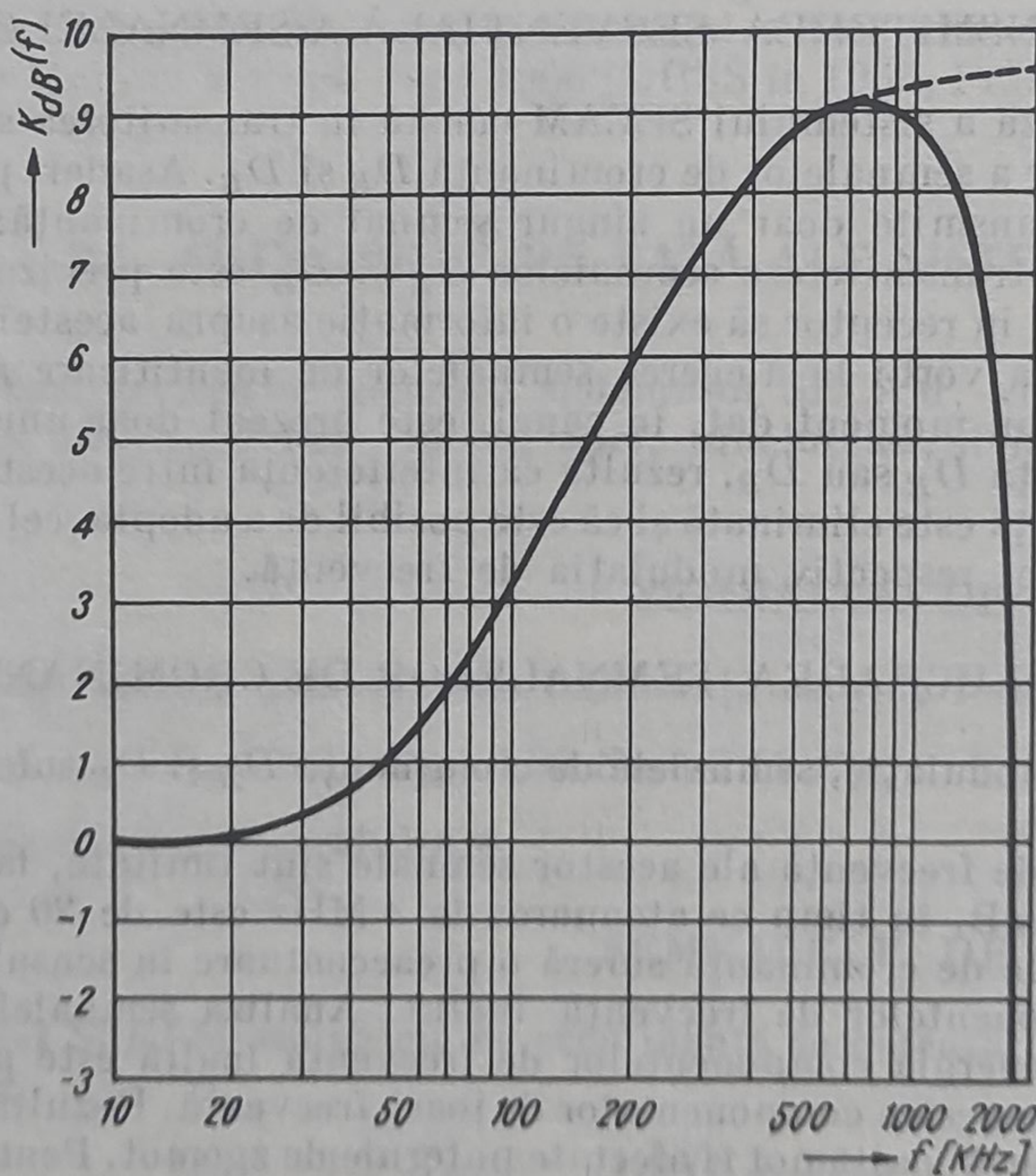


Fig. 9.1. Caracteristica amplitudine-frecvență a canalului de cromatică.

pînă la aproximativ 500 KHz. Valoarea maximă este la 800 KHz (9,17 dB). Căderea caracteristicii după 800 KHz este determinată de filtrul trece jos. Abaterea maximă de la forma nominală a caracteristicii $K_{dB}(f)$ este de $\pm 0,5$ dB în domeniul 0,1÷0,5 MHz și de ± 1 dB în domeniul 0,5÷1,3 MHz. Atenuarea la frecvența de 1,3 MHz nu trebuie să depășească valoarea de 3 dB, iar la frecvențele de 3 MHz și 3,8 MHz atenuările trebuie să fie mai mari de 30 dB, respectiv, 40 dB.

În fig. 9.2 este dată schema circuitului de preaccentuare video, conform relației (9.5). În această schemă $k = \frac{R_0}{R + R_0}$, iar $f_1 = 2\pi RC$.

Operația de preaccentuare schimbă alura semnalelor de cromaticitate D_R și D_B în sensul că în forma acestor semnale apar salturi de amplitudine. În fig. 9.3 sînt prezentate semnalele D_R și D_B ale barelor color de amplitudine

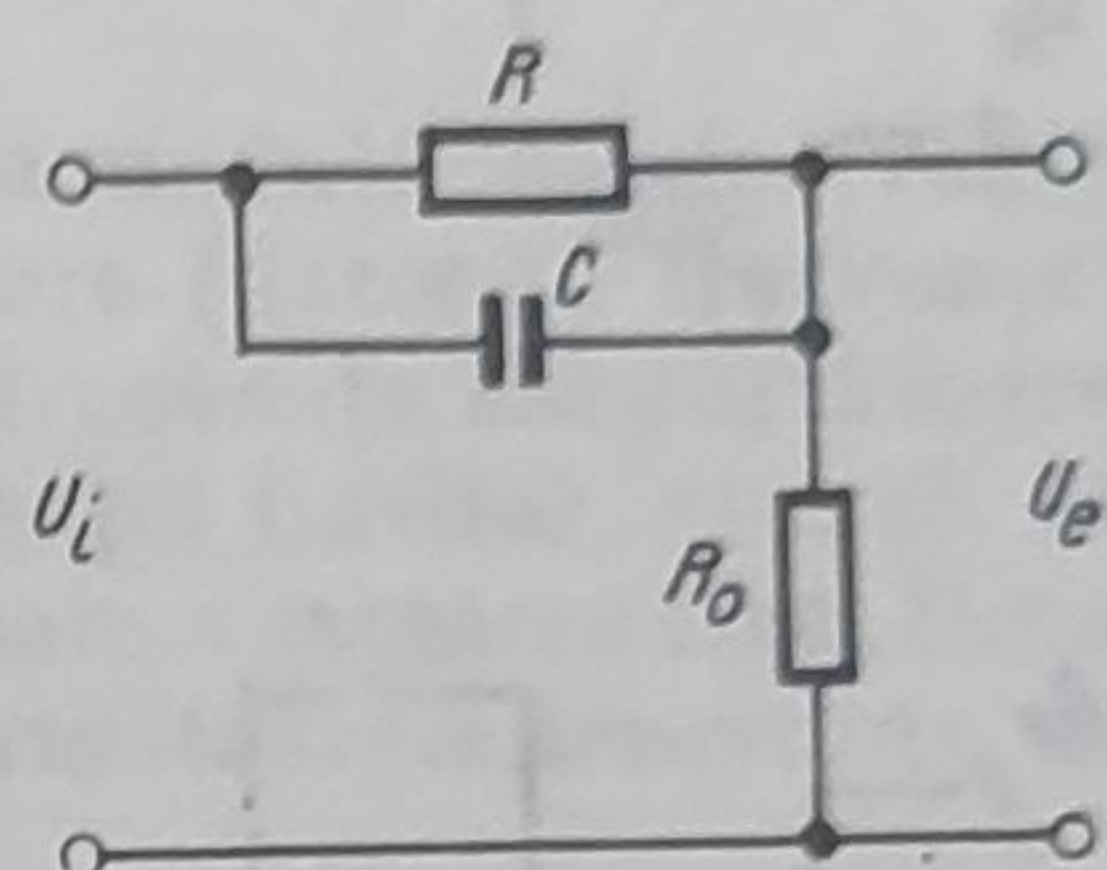


Fig. 9.2. Schema circuitului de preaccentuare video.

Tabelul 9.2

Culoare	E_R	E_G	E_B	E_Y	E_R	E_B
Alb	1	1	1	1	0	0
Galben	0,75	0,75	0	0,66	-0,16	1
Bleu	0	0,75	0,75	0,53	1	0,34
Verde	0	0,75	0	0,44	0,84	-0,66
Purpuriu	0,75	0	0,75	0,31	-0,84	0,66
Roșu	0,75	0	0	0,22	-1	-0,34
Albastru	0	0	0,75	0,09	0,16	1
Negru	0	0	0	0	0	0

75% și saturație 100%, calculate cu relațiile (9.2) în care valorile semnalelor E_{R-Y} și E_{B-Y} sînt luate din tabelul 6.3. Rezultatul acestui calcul este dat în tabelul 9.2.

În fig. 9.3, *b* este prezentată forma semnalelor D_R și D_B după operația de preaccentuare. Amplitudinea salturilor este cu atît mai mare cu cît amplitudinea trecerii de la o culoare la alta este mai mare și cu cît spectrul de frecvență transmis este de bandă mai mare. Luînd în considerație caracteristica amplitudine-frecvență a canalului video, din fig. 9.1 și semnalele livrate E_R , E_G , E_B cu fronturi de $0,1 \mu S$, amplitudinea salturilor este de 1,23 ori mai mare decît amplitudinea trecerii de la o culoare la alta. De pildă, pentru semnalul D_R amplitudinea saltului la trecerea de la galben la turcoaz este de 1,42 ($1,23 \cdot 1,16 = 1,42$), iar la trecerea de la verde la mov este de 2,07 ($1,23 \cdot 1,86 = 2,07$).

MODULAȚIA ÎN FRECVENȚĂ ÎN SISTEMUL SECAM

Alegerea modului de transmitere secvențială a semnalelor de cromaticitate a permis folosirea modulației de frecvență, avantajele căreia sînt bine cunoscute.

Să presupunem disponibil un semnal de amplitudine U_0 și de frecvență f_0 de forma:

$$u = U_0 \cos \omega_0 t \quad (9.7)$$

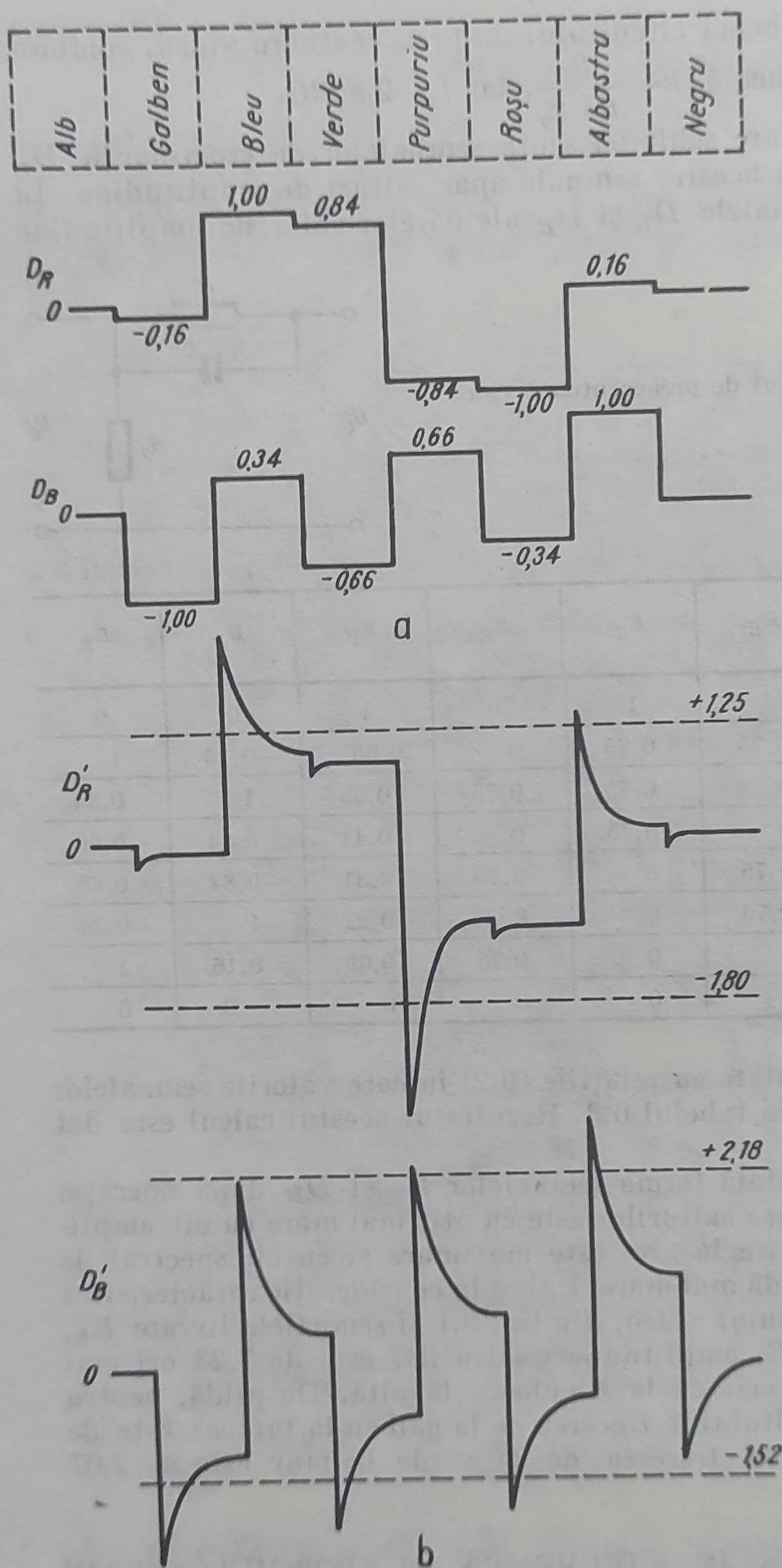


Fig. 9.3. Semnalele de cromaticitate D_R și D_B pentru barele color: a – înainte de preaccentuarea video; b – după preaccentuarea video.

Dacă se realizează ca frecvența acestui semnal să varieze în ritmul valorii instantanee a amplitudinii unui semnal modulator $D(t)$, atunci se obține modulația în frecvență. În acest caz, se obține un semnal de amplitudine constantă, a cărui frecvență însă variază în jurul frecvenței centrale f_0 între valorile ex-

treme ($f_0 - \Delta f$) și ($f_0 + \Delta f$), corespunzătoare valorilor extreme ale semnalului modulator $D(t)$.

Rezultă, deci, că unul din parametrii modulației de frecvență este frecvența de repaus f_0 sau frecvența subpurtătoarei pentru valoarea nulă a semnalului modulator $D(t)$. În sistemul SECAM, această frecvență de repaus este diferită pentru cele două semnale modulatoare D_R și D_B . Ele se notează cu f_{0R} , respectiv, f_{0B} .

Pe ecranul unui televizor alb-negru, subpurtătoarea modulată în frecvență va apărea sub formă de puncte perturbatoare, în mișcare (datorită frecvenței care variază în ritm cu semnalul de crominanță). Dacă frecvența subpurtătoare de repaus se alege egală cu un multiplu întreg al frecvenței liniilor, atunci, în absența informației de crominanță, structura perturbatoare va apărea fixă, fiind mai ușor tolerată de telespectator. Astfel, s-au ales următoarele frecvențe de repaus ale subpurtătoarei:

$$f_{0R} = 282 f_H = 4,40625 \text{ MHz pentru liniile } D_R \quad (9.8)$$

$$f_{0B} = 272 f_H = 4,250 \text{ MHz pentru liniile } D_B.$$

Valorile acestor frecvențe trebuie menținute cu o toleranță de $\pm 2 \text{ Hz}$.

Un alt parametru al modulației de frecvență este deviația nominală de frecvență Δf , care arată deviația de frecvență pe care o are subpurtătoarea atunci când semnalul modulator are amplitudinea egală cu unitatea. Pentru sistemul SECAM s-au normat următoarele deviații nominale de frecvență:

$$\Delta f_R = \pm 280 \text{ KHz pentru liniile } D_R = \pm 1 \quad (9.9)$$

$$\Delta f_B = \pm 230 \text{ KHz pentru liniile } D_B = \pm 1$$

Așa cum rezultă din fig. 9.3, b, operația de preaccentuare conduce la apariția unor vîrfuri la trecerile de la o culoare la alta. Aceste vîrfuri vor provoca o deviație de frecvență foarte importantă (de pildă, la trecerea de la galben la turcoaz în semnalul D_R apare un salt egal cu 2,42, deci o deviație de frecvență egală cu $2,42 \cdot 280 \approx 678 \text{ KHz}$). Din teoria modulației în frecvență se cunoaște că pentru o transmitere corectă a acestor tranziții de culoare este necesară o lărgime de bandă foarte mare pentru subpurtătoarea modulată. Dar, o bandă largă de frecvență nu poate fi acceptată din motive de compatibilitate. Din acest motiv, deviația de frecvență a fost limitată la valorile:

$$\Delta f_{R_{\min}}^{max} = \begin{matrix} +350 \text{ KHz} \\ -506 \text{ KHz} \end{matrix} \text{ pentru liniile } D_R \quad (9.10)$$

$$\Delta f_{B_{\min}}^{max} = \begin{matrix} +506 \text{ KHz} \\ -350 \text{ KHz} \end{matrix} \text{ pentru liniile } D_B.$$

Valorile maxime ale deviației de frecvență sînt asigurate dacă semnalele de crominanță D_R și D_B se limitează înainte de a fi aplicate circuitului în care se realizează modulația de frecvență. Nivelele de limitare ale semnalelor de crominanță se determină ținînd seama de relațiile (9.9) și (9.10):

pentru liniile D_R :

$$\begin{aligned} \frac{\Delta f_{R_{\max}}}{\Delta f_R} &= \frac{350}{280} = 1,25 \\ \frac{\Delta f_{R_{\min}}}{\Delta f_R} &= -\frac{506}{280} = -1,81 \end{aligned} \quad (9.11)$$

pentru liniile D_B :

$$\frac{\Delta f_{max}}{\Delta f_B} = \frac{506}{230} = 2,20$$

$$\frac{\Delta f_{min}}{\Delta f_B} = -\frac{350}{230} = -1,52$$

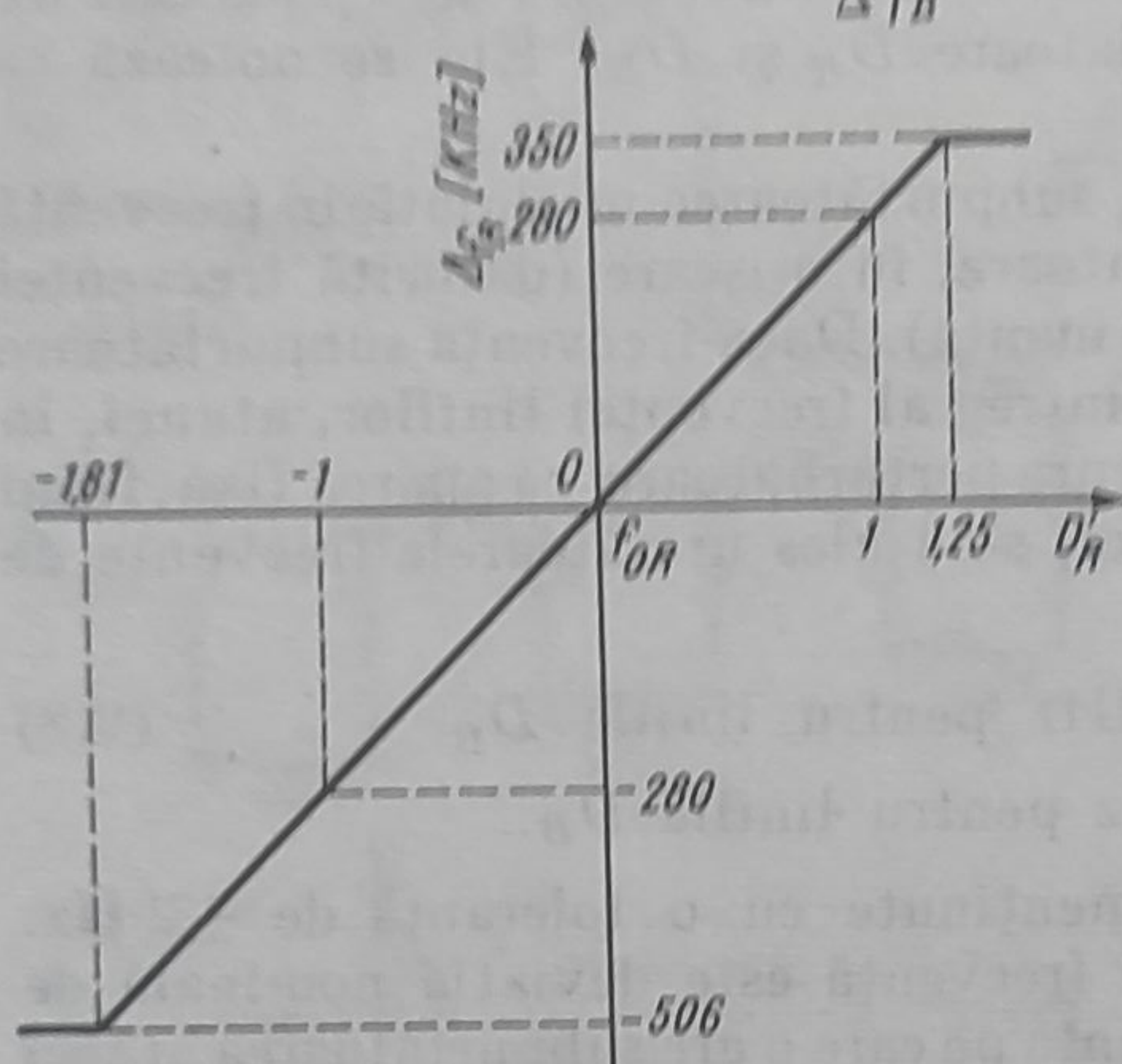
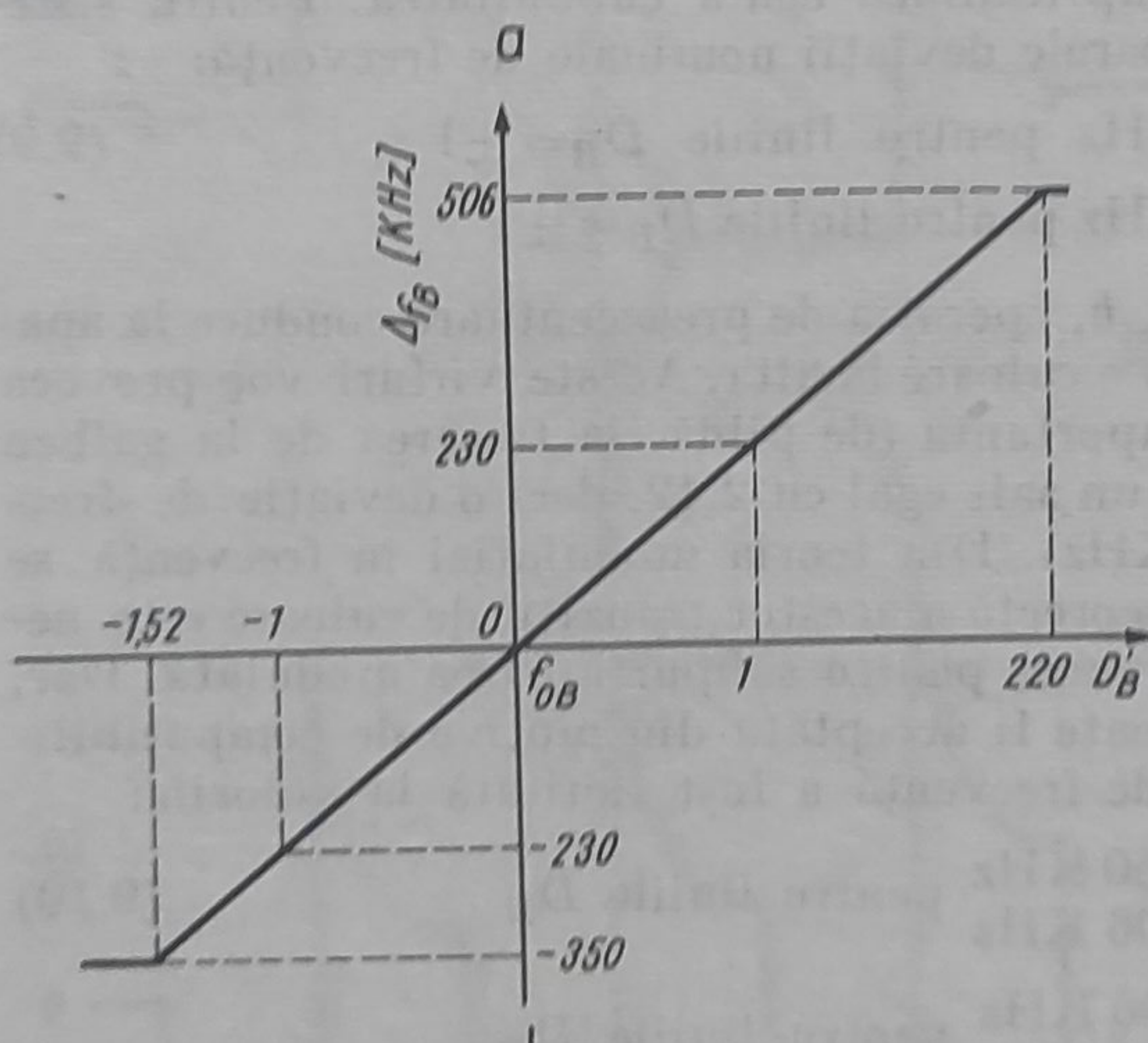


Fig. 9.4. Caracteristicile de modulație MF a subpurătoarei; a — cu semnalul D_R ; b — cu semnalul D_B .



Pe baza relațiilor (9.9) — (9.11), s-au construit în figura 9.4 caracteristicile deviațiilor de frecvență ale subpurătoarei în funcție de amplitudinea semnalelor de cromatică D_R și D_B pentru liniile cu D_R (fig. 9.4, a) și pentru liniile cu D_B (fig. 9.4, b).

Pentru palierele semnalelor barelor color se pot calcula frecvențele subpurătoarei. În acest scop, se ia din tabelul 9.2 valoarea D_R sau D_B pentru fiecare culoare și se calculează deviația de frecvență corespunzătoare. Frecvența de modulație se calculează adăugându-se valoarea găsită la frecvența subpurătoare de repaus f_{OR} sau f_{OB} . De exemplu, pentru verde avem:

$$D_R = 0,84 \text{ și } D_B = -0,66. \text{ Deci:}$$

$$\Delta f_R = 0,84 \cdot 280 = 235 \text{ kHz}; \quad f_R = (f_{OR} + 235) \text{ kHz}$$

$$\Delta f_B = -0,66 \cdot 230 = -152 \text{ kHz}; \quad f_B = (f_{OB} - 152) \text{ kHz}$$

Rezultatele unui asemenea calcul sînt prezentate în tab. 9.3.

Tabelul 9.3

Semnalul Culoarea	D_R	D_B	Deviația de frecvență [kHz]		Subpurătoarea			
			Δf_R	Δf_B	D_R		D_B	
					Ampli- tudinea	Frecvența f_R [kHz]	Ampli- tudinea	Frecvența f_B [kHz]
Alb	0	0	0	0	30,4	f_{OR}	23,7	f_{OB}
Galben	-0,16	1	-45	-230	26,2	$f_{OR} - 45$	51,6	$f_{OB} - 230$
Bleu	1	0,34	280	78	67,8	$f_{OR} + 280$	24,0	$f_{OB} + 78$
Verde	0,84	-0,66	235	-152	61,5	$f_{OR} + 235$	39,9	$f_{OB} - 152$
Purpuriu	-0,84	0,66	-235	152	30,2	$f_{OR} - 235$	30,0	$f_{OB} + 152$
Roșu	-1	-0,34	-280	-78	35,8	$f_{OR} - 280$	30,0	$f_{OB} - 78$
Albastru	0,16	1	45	230	35,8	$f_{OR} + 45$	39,4	$f_{OB} + 230$
Negru	0	0	0	0	30,4	f_{OR}	23,7	f_{OB}
Semnal de identificare	1,25	1,52	350	-350	77,2	$f_{OR} + 350$	71,4	$f_{OB} - 350$

PRELUCRAREA SUBPURĂTOAREI MODULATE

Condiția de compatibilitate impune reducerea efectului perturbator al subpurătoarei care apare pe ecranele televizoarelor alb-negru sub forma unei structuri în mișcare. Una din metodele de diminuare a acestui efect constă, așa cum s-a arătat, în alegerea frecvențelor de repaus egale cu un multiplu al frecvenței liniilor (rel. 9.8). Dar cea mai eficientă metodă constă în reducerea amplitudinii subpurătoarei cît mai mult posibil față de amplitudinea corespunzătoare semnalului de luminanță.

Dacă se ține seama că în natură culorile nu sînt niciodată saturate și dacă sînt luate în considerație și proprietățile statistice ale semnalului de imagine, frecvența instantanee a subpurătoarei MF se va situa foarte frecvent în vecinătatea frecvenței de repaus. Ecarturile de frecvență de valoare mare apar mai rar și în special la trecerile de la o culoare la alta, deci corespund unor energii reduse ale semnalului și, drept rezultat, sînt vulnerabile în raport cu zgomotul. De aici a apărut ideea de a mări amplitudinea subpurătoarei modulate pentru frecvențele instantanee extreme față de frecvența de repaus. În sistemul SECAM, variația atenuării amplitudinii subpurătoarei în funcție de frecvența instantanee este o curbă a cărei frecvență centrală este fixată între frecvențele de repaus f_{OR} și f_{OB} (fig. 9.5). Această curbă se obține cu ajutorul unei rețele a cărei caracteristică amplitudine-frecvență este de forma:

$$K_{MF}(f) = \sqrt{\frac{1 + (k_1 x)^2}{1 + (k_2 x)^2}}; \quad K_{MFdB}(f) = 10 \log K_{MF}^2(f) \quad (9.12)$$

în care: $k_1=16$; $k_2=1,26$ și $x = \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}$, f_0 fiind frecvența centrală a curbei: $f_0=4,286$ MHz.

Valoarea frecvenței f_0 s-a ales din condiția îmbunătățirii raportului semnal-zgomot, în primul rând pentru culorile cu strălucire scăzută, cum sînt roșu, purpuriu și albastru.

Prin trecerea frecvenței subpurtătoare modulate printr-o rețea cu caracteristica de forma celei din fig. 9.5 se obține o mărire a amplitudinii subpurtă-

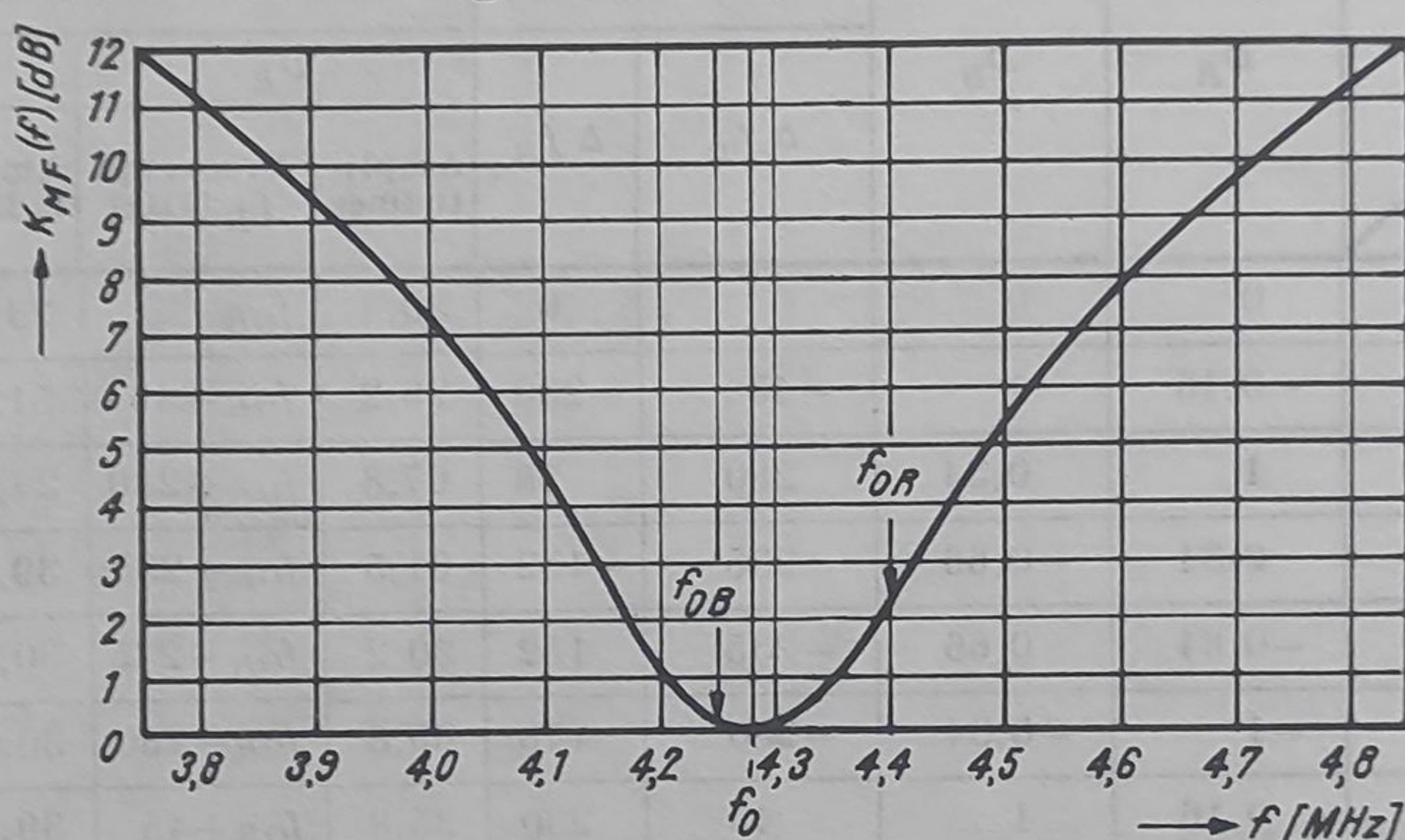


Fig. 9.5. Caracteristica amplitudine-frecvență a circuitului de preaccentuare IF.

toarei în raport cu frecvența instantanee, a cărei valoare este determinată de valoarea semnalului de cromaticitate. Din acest motiv, această prelucrare se mai numește și „preaccentuare IF”.

În fig. 9.6 este prezentată la o scară mai mare zona de lucru a curbei din fig. 9.5, pe care sînt fixate frecvențele instantanee ale subpurtătoare corespunzătoare barelor color și amplitudinile relative ale subpurtătoare pentru aceste bare color.

Prin conectarea în receptor a unui filtru cu caracteristica amplitudine-frecvență egală cu $\frac{1}{K_{MF}(f)}$, se obține o reducere substanțială (de circa 4–5 ori) a puterii zgomotului.

În fig. 9.7 este prezentată o rețea R, L, C care are caracteristica amplitudine-frecvență conform relației (9.12). În acest fel, în receptor atenuarea crește pe măsură ce ne îndepărtăm de frecvența centrală a curbei. Rezultă, deci că zgomotul pentru culorile corespunzătoare unor deviații mari de frecvență se atenuează substanțial, îmbunătățind, în acest fel, raportul semnal/zgomot pentru aceste culori. În domeniul culorilor cu deviație mare de frecvență intră culorile roșu, purpuriu și albastru, care au un nivel scăzut de strălucire, și treceri de valori mari de la o culoare la alta, datorită circuitului de preaccentuare video.

Amplitudinea vîrf-vîrf a subpurtătoare pentru frecvența centrală a curbei, f_0 , este de 23% din amplitudinea semnalului video de luminanță, considerat între nivelele de negru și alb (adică este de 0,161 V pentru semnalul video de luminanță de 0,7 V). La transmiterea imaginilor alb-negru, semnalele D_R și D_B sînt nule, în schimb amplitudinile subpurtătoare diferă de valoarea de 0,161 V. Într-adevăr, din curba din fig. 9.5 se determină, pentru frecvența de

repaus f_{OR} ($D_R=0$), amplitudinea relativă de 30,4% (adică 0,213 V), iar, pentru frecvența de repaus f_{OB} ($D_B=0$), amplitudinea relativă de 23,7% (adică 0,166 V).

Cu ajutorul rel. (9.12) pot fi calculate amplitudinile subpurtătoarei modulate pentru culorile barelor color. Valorile obținute sînt prezentate în tabelul 9.3. În fig. 9.6, a și b sînt reprezentate aceste valori pe curba de preaccentuare IF pentru semnalele liniilor cu D_R și, respectiv, liniilor cu D_B .

O altă procesare a subpurtătoarei modulate constă în inversarea periodică, la fiecare a treia linie și la fiecare semicadru, a fazei subpurtătoarei.

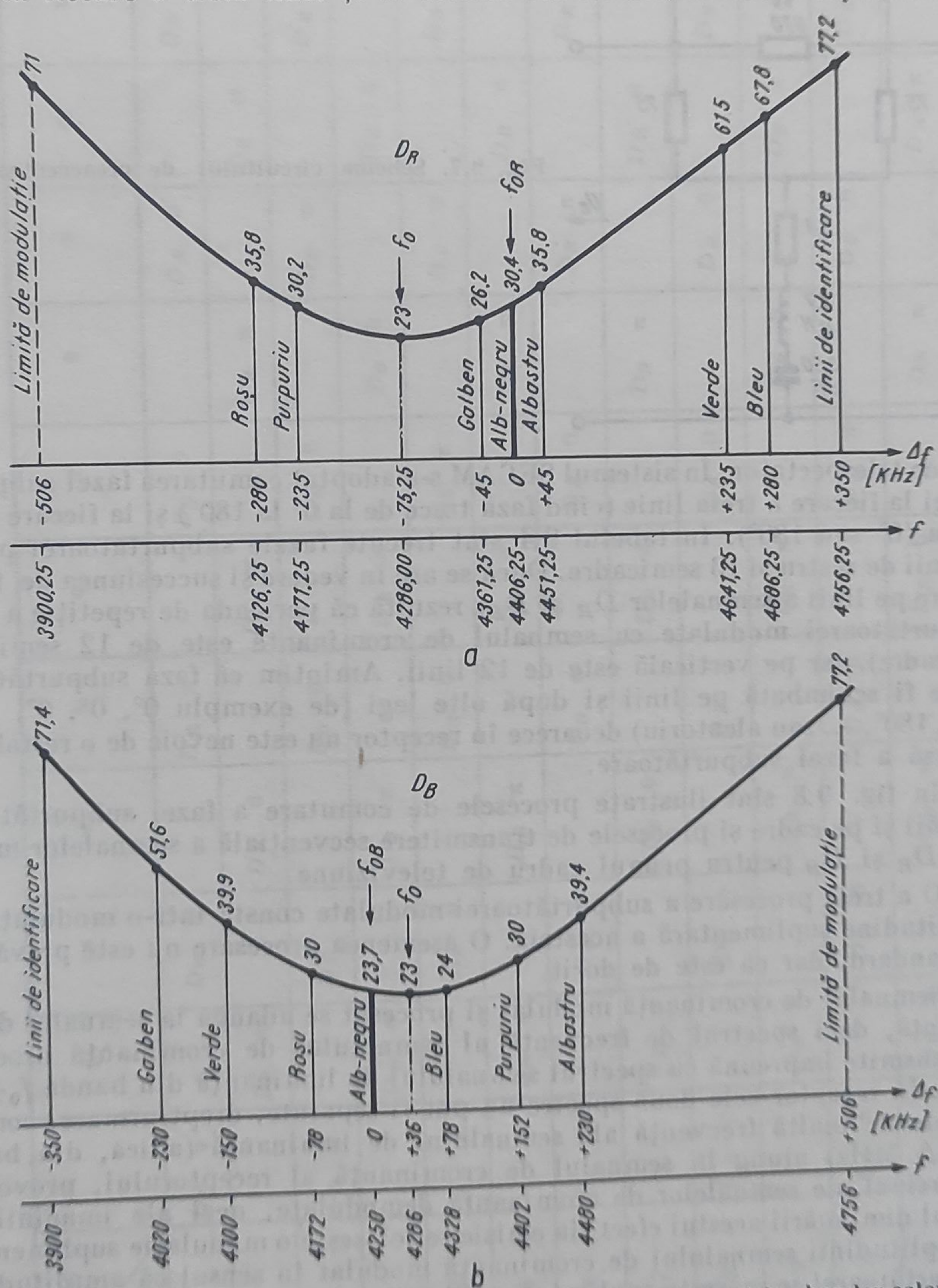


Fig. 9.6. Amplitudinile, deviațiile de frecvență și frecvențele semnalelor barelor color după circuitul de preaccentuare IF : a — pentru semnalul D_R ; b — pentru semnalul D_B .

Această procesare s-a introdus în scopul reducerii vizibilității subpurtătoarei pe ecranele televizoarelor alb-negru. Întrucît frecvențele f_{OR} și f_{OB} sînt mulțipli ai frecvenței liniilor, semnalul de crominanță modulată (subpurtătoarea modulată) va apărea pe ecran sub forma unei structuri de linii verticale. Comutarea fazei subpurtătoarei conduce la o structură de linii oblice, mai ușor tole-

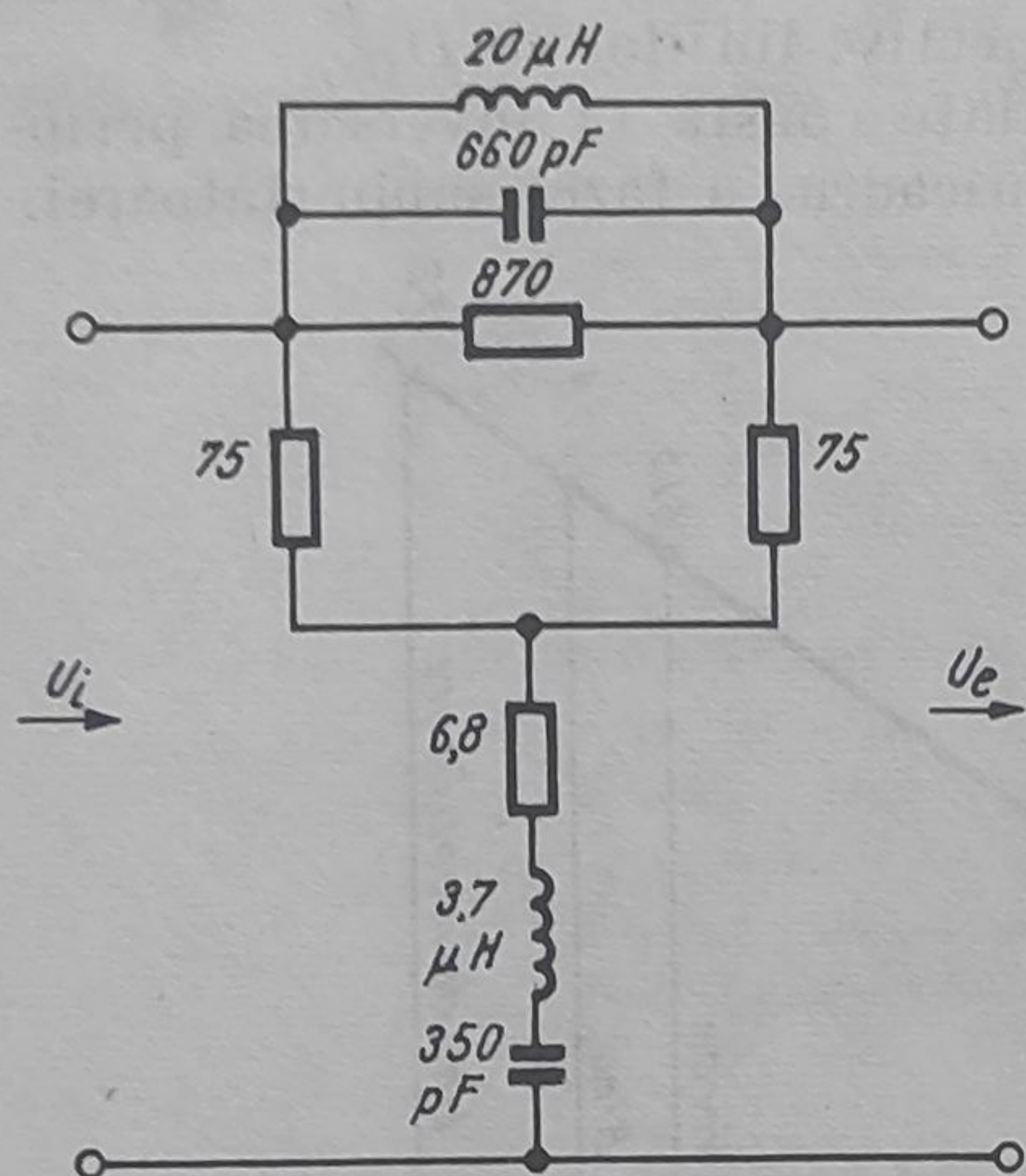


Fig. 9.7. Schema circuitului de preaccentuare IF.

rată de telespectator. În sistemul SECAM s-a adoptat comutarea fazei subpurtătoarei la fiecare a treia linie (cînd faza trece de la 0° la 180°) și la fiecare semicadru (0° sau 180°). În tabelul 9.4 sînt trecute fazele subpurtătoarei pentru 13 linii de rastru și 13 semicadre. Dacă se are în vedere și succesiunea de transmitere pe linii a semnalelor D_R și D_B , rezultă că perioada de repetiție a fazei subpurtătoarei modulate cu semnalul de crominanță este de 12 semicadre (6 cadre), iar pe verticală este de 12 linii. Amintim că faza subpurtătoarei poate fi schimbată pe linii și după alte legi (de exemplu $0^\circ, 0^\circ, 0^\circ, 180^\circ, 180^\circ, 180^\circ, \dots$ sau aleatoriu) deoarece în receptor nu este nevoie de o restabilire inversă a fazei subpurtătoare.

În fig. 9.8 sînt ilustrate procesele de comutare a fazei subpurtătoarei pe linii și pe cadre și procesele de transmitere secvențială a semnalelor modulate D_R și D_B pentru primul cadru de televiziune.

O a treia procesare a subpurtătoarei modulate constă într-o modulație de amplitudine suplimentară a acesteia. O asemenea procesare nu este prevăzută în standard, dar ea este de dorit.

Semnalul de crominanță modulată și procesat se adaugă la semnalul de luminanță, deci spectrul de frecvență al semnalului de crominanță modulată se transmite împreună cu spectrul semnalului de luminanță din banda $f_0 \pm 1,5$ MHz. În receptor cele două spectre nu pot fi separate, drept urmare, componentele de înaltă frecvență ale semnalului de luminanță (adică, din banda $f_0 \pm 1,5$ MHz) ajung în semnalul de crominanță al receptorului, provocînd distorsiuni ale semnalelor de crominanță demodulate, deci ale imaginii. În scopul diminuării acestui efect, la emisie se folosește o modulație suplimentară a amplitudinii semnalului de crominanță modulată în sensul că amplitudinea subpurtătoarei se mărește suplimentar (pînă la de două ori) odată cu creșterea amplitudinii componentelor de înaltă frecvență ale semnalului de luminanță.

Tabelul 9.4.

Semicadrul Linia rastrului	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
u	$D_R \ 0$	$D_B \ 0$		$D_R \ \pi$		$D_B \ 0$		$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$		$D_R \ 0$
$n+1$		$D_B \ \pi$	$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$		$D_R \ \pi$		$D_B \ 0$		$D_R \ \pi$	
$n+2$	$D_B \ 0$	$D_R \ \pi$		$D_B \ 0$		$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$		$D_R \ 0$		$D_B \ 0$
$n+3$		$D_R \ 0$	$D_B \ \pi$		$D_R \ \pi$		$D_B \ 0$		$D_R \ \pi$		$D_B \ \pi$	
$n+4$	$D_R \ \pi$	$D_B \ 0$		$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$		$D_R \ 0$		$D_B \ 0$		$D_R \ \pi$
$n+5$		$D_B \ \pi$	$D_R \ \pi$		$D_B \ 0$		$D_R \ \pi$		$D_B \ \pi$		$D_R \ 0$	
$n+6$	$D_B \ 0$	$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$		$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$		$D_R \ \pi$		$D_B \ 0$
$n+7$		$D_R \ \pi$	$D_B \ 0$		$D_R \ \pi$		$D_B \ \pi$		$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$	
$n+8$	$D_R \ 0$	$D_B \ \pi$		$D_R \ 0$		$D_B \ 0$		$D_R \ 0$		$D_B \ 0$		$D_R \ 0$
$n+9$		$D_B \ 0$	$D_R \ \pi$		$D_B \ \pi$		$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$		$D_R \ \pi$	
$n+10$	$D_B \ \pi$	$D_R \ 0$		$D_B \ 0$		$D_R \ \pi$		$D_B \ 0$		$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$
$n+11$		$D_R \ \pi$	$D_B \ \pi$		$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$		$D_R \ \pi$		$D_B \ 0$	
$n+12$	$D_R \ 0$	$D_B \ 0$		$D_R \ \pi$		$D_B \ 0$		$D_R \ 0$		$D_B \ \pi$		$D_R \ 0$

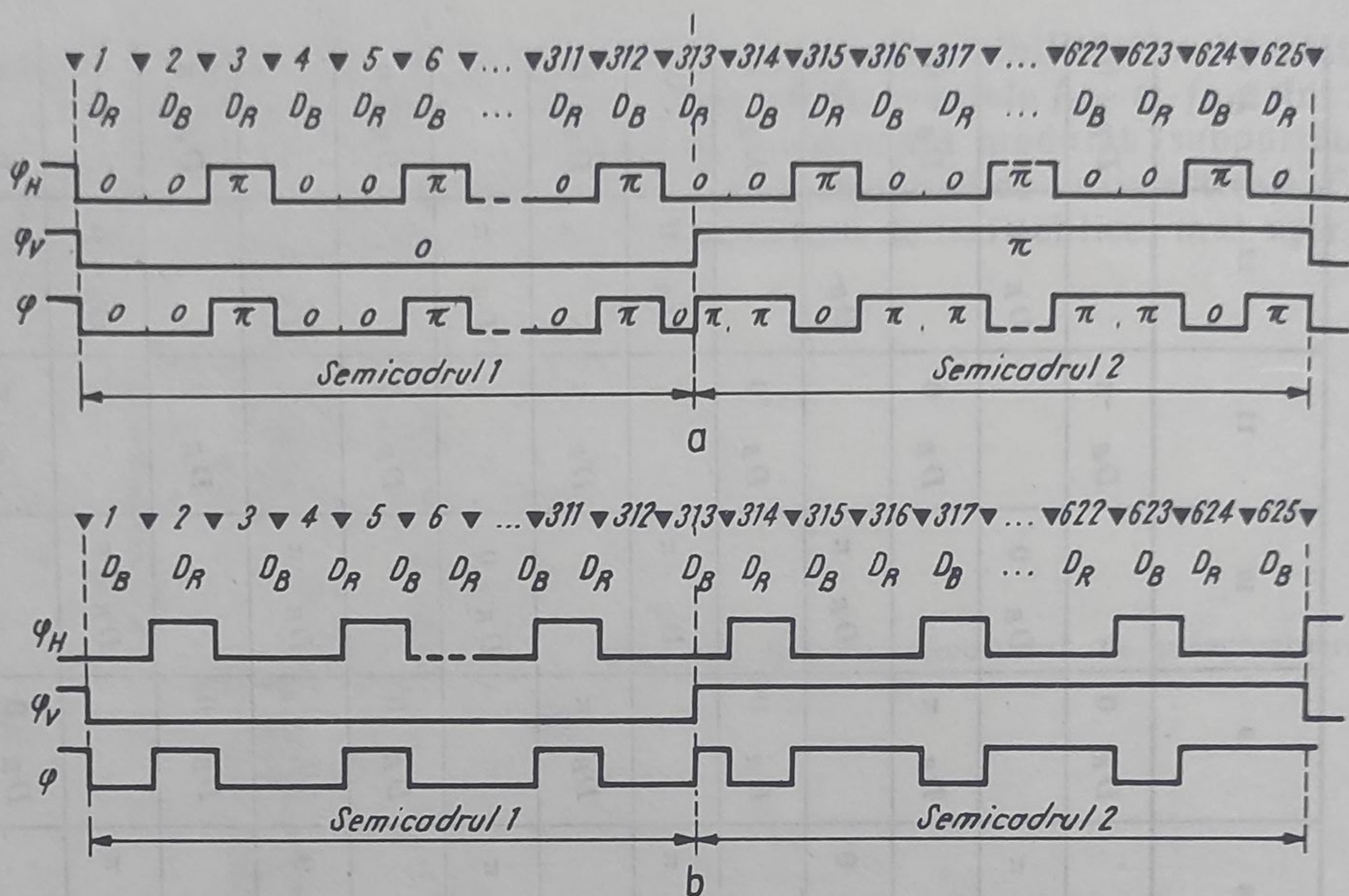


Fig. 9.8. Procesul de comutare a fazei subpurtătoare pe linii și pe cadre: *a* — pentru cadrul 1
b — pentru cadrul 2.

SEMNALUL DE SINCRONIZARE A CULORII

Așa cum s-a arătat, ordinea de transmitere a semnalelor D_R și D_B este precizată. În receptor se va executa o operație de triere a acestor semnale care constă în a orienta pe o cale semnalul D_R și pe o altă cale semnalul video D_B . Acest lucru se realizează cu ajutorul unui comutator electronic, care basculează cu frecvența liniilor. Întrucât semnalele de sincronizare linii se transmit în mod permanent, bascularea acestui comutator se face fără nici un fel de dificultate. Dar, nu trebuie uitat că acest comutator electronic trebuie să realizeze dirijarea semnalelor D_R și D_B în sincronism cu comutatorul electronic dispus în partea de emisie. Pentru aceasta este suficient ca la începutul fiecărui semicadru să se execute punerea în sincronism a comutatorului electronic. În acest scop, se transmit semnale de identificare a culorii.

Semnalele de identificare se transmit pe durata a nouă linii succesive din intervalul de stingere pe semicadre și anume, în timpul liniilor 7—15 din primul semicadru și 320—328 din al doilea semicadru (fig. 9.9). Aceste semnale constau din trenuri de sinusoide corespunzătoare subpurtătoare modulate în frecvență cu următoarele semnale de crominanță, transmise secvențial pe linii:

- semnalul D_R are o variație liniară între valorile 0 și +1,25 pe o durată de $15 \pm 5 \mu s$, după care nivelul de +1,25 rămâne constant până la sfârșitul liniei (fig. 9.10, *a*);

- semnalul D_B are o variație liniară între valorile 0 și -1,52 pe o durată de $20 \pm 10 \mu s$, după care nivelul de -1,52 rămâne constant până la sfârșitul liniei (fig. 9.10, *a*).

Semnalele de identificare sînt supuse aceluiași procesări ca și semnalele de crominanță: preaccentuarea în videofrecvență, modulația în frecvență și preaccentuarea în înaltă frecvență.

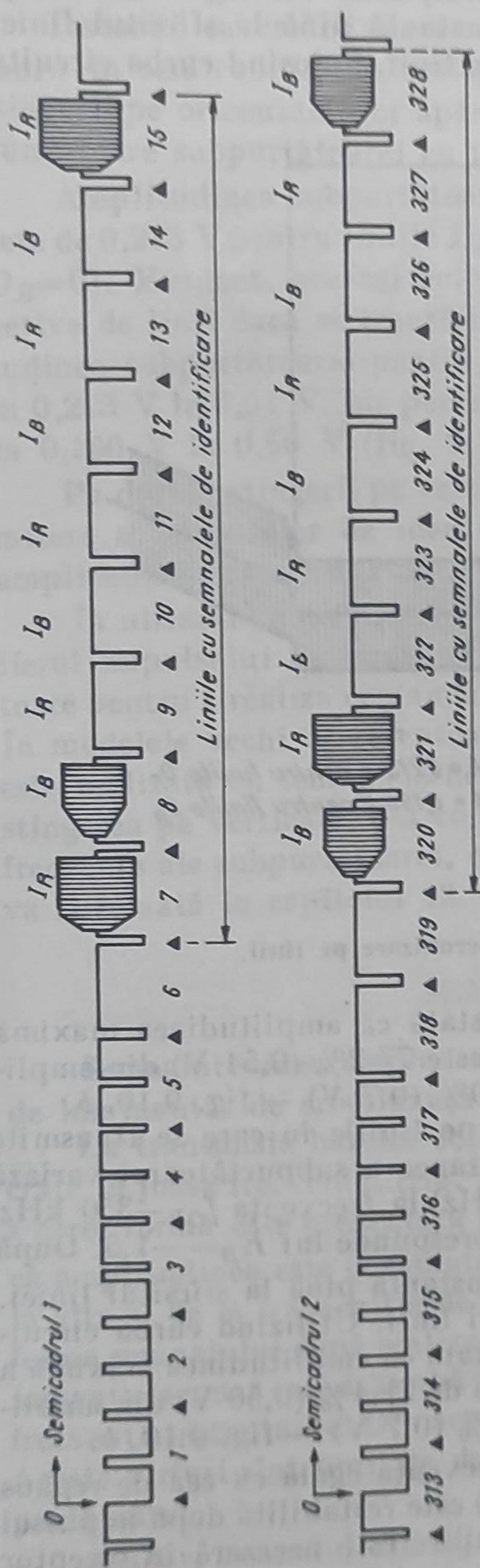


Fig. 9.9. Plasarea semnalelor de identificare a culorii pe timpul stingerii pe verticală.

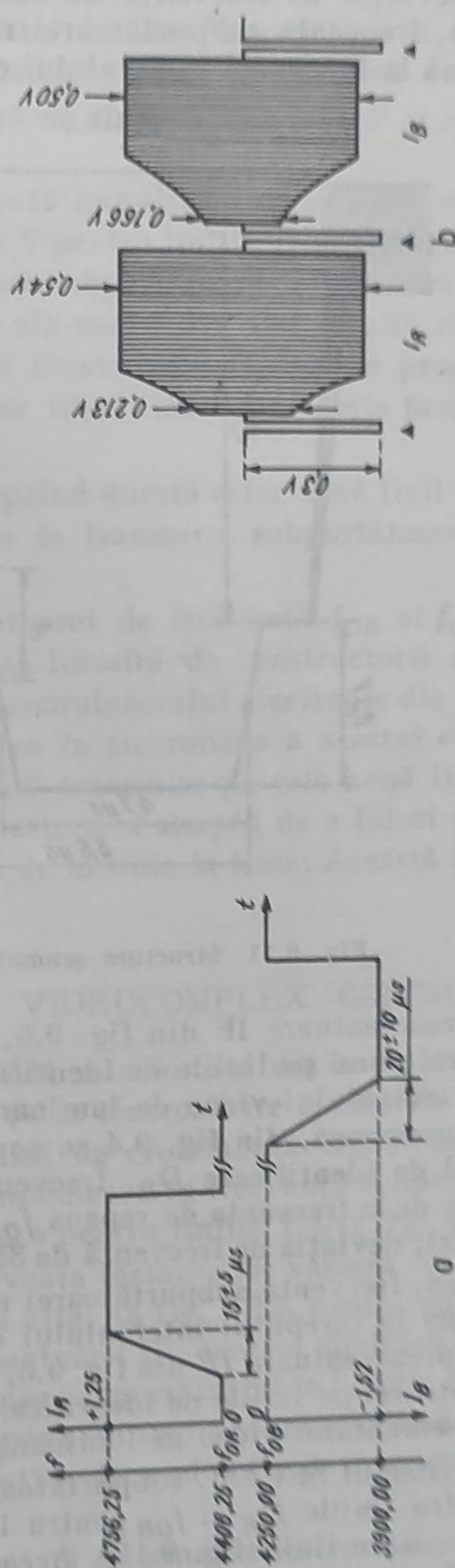


Fig. 9.10. Structura semnalelor de identificare a culorii: a — amplitudinile și frecvențele extreme ale subpurtătoare; b — forma semnalului de identificare după circuitul de preaccentuare IF.

Din fig. 9.4 se constată că pe liniile în care se transmite semnalul de identificare D_R , frecvența instantanee a subpurtătoarei variază progresiv de la frecvența de repaus f_{OR} (4,40625 MHz) la frecvența $f_{OR} + 350$ kHz (4,75625 MHz); deviația de frecvență de 350 kHz corespunde lui $E_R = 1,25$. După $15 \pm 5 \mu s$, frecvența subpurtătoarei rămâne constantă pînă la sfîrșitul liniei, adică pînă la începutul intervalului de stingere linii. Folosind curba circuitu-

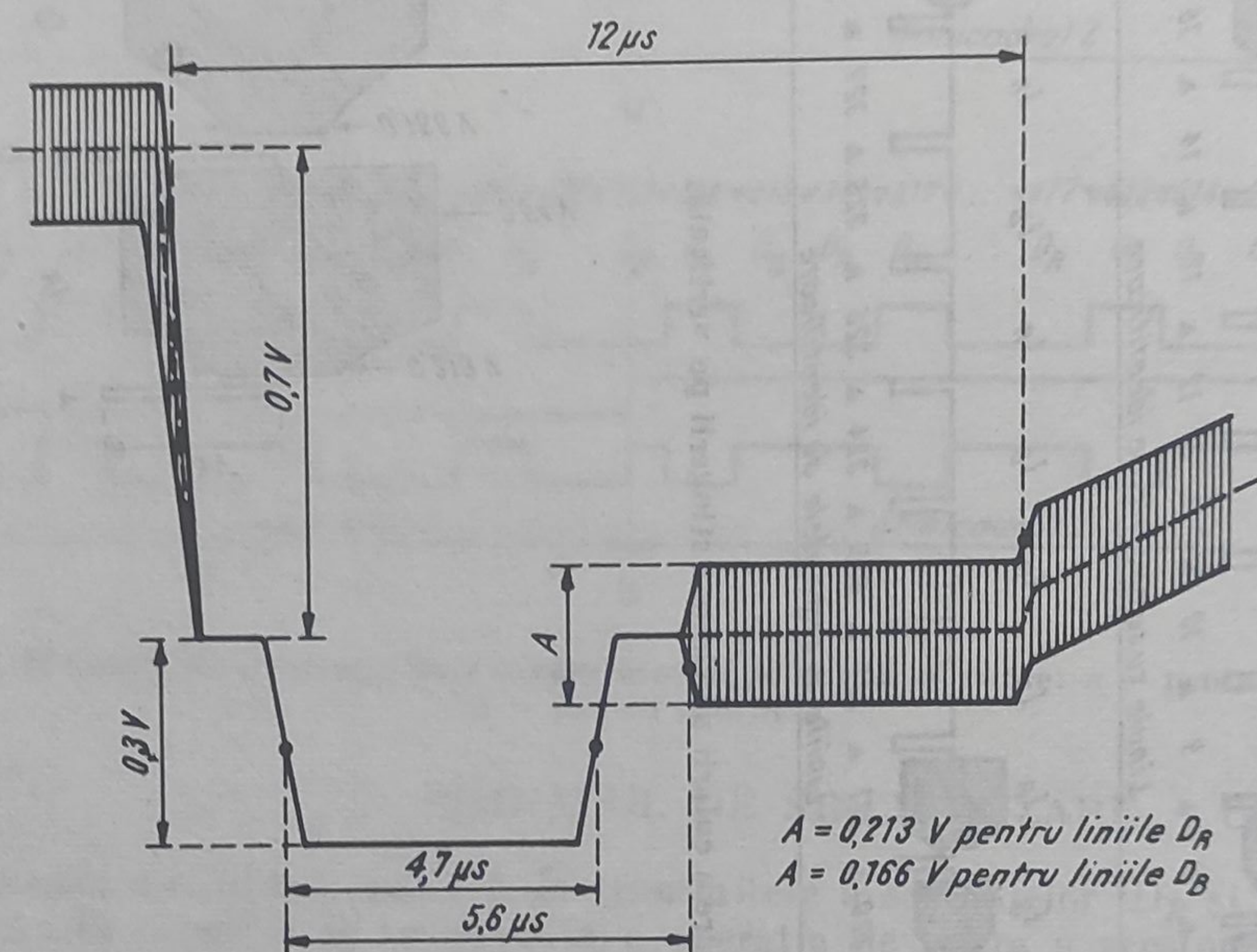


Fig. 9.11. Structura semnalului de sincronizare pe linii.

lui de preaccentuare IF din fig. 9.6, *a* se constată că amplitudinea maximă a subpurtătoarei pe liniile de identificare D_R este 77,2% (0,54 V) din amplitudinea semnalului video de luminanță de 100% (0,7 V) — fig. 9.10, *b*.

De asemenea, din fig. 9.4 se constată că pe liniile în care se transmite semnalul de identificare D_B , frecvența instantanee a subpurtătoarei variază progresiv de la frecvența de repaus f_{OB} (4,25 MHz) la frecvența $f_{OB} - 350$ kHz (3,9 MHz); deviația de frecvență de 350 kHz corespunde lui $E_B = -1,5$. După $20 \pm 10 \mu s$, frecvența subpurtătoarei rămâne constantă pînă la sfîrșitul liniei, adică pînă la începutul intervalului de stingeri linii. Utilizînd curba circuitului de preaccentuare IF din fig. 9.6, *b* se constată că amplitudinea maximă a subpurtătoarei pe liniile de identificare D_B este de 71,4% (0,50 V) din amplitudinea semnalului video de luminanță de 100% (0,7 V) — fig. 9.10, *b*.

În sistemul SECAM, subpurtătoarea cu frecvența egală cu cea de repaus (f_{OR} pentru liniile D_R și f_{OB} pentru liniile D_B) este restabilită după impulsul de sincronizare linii (fig. 9.11). Această restabilire este necesară în receptor din următoarele motive:

- constituie o frecvență de referință pentru ca discriminatoarele să funcționeze corect chiar de la începutul cursei active a liniilor și, eventual, pentru a realiza o corecție automată a derivei acestuia;

- permite saturarea limitatoarelor și discriminatoarelor de frecvență, eliminând astfel apariția zgomotului caracteristic la recepția transmisiunilor cu modulație de frecvență în absența purtătoarei.

Datorită inversării fazei subpurtătoarei din trei în trei linii și din semicadru în semicadru, pe oscilograma corespunzătoare semnalului din timpul stingerii pe orizontală vor apărea în afară de sinusoida cu fază 0° și cea corespunzătoare subpurtătoarei cu fază 180° .

Amplitudinea subpurtătoarei pe durata impulsului de stingere orizontală este de 0,213 V pentru liniile D_R și 0,166 V pentru liniile D_B (deoarece $D_R=0$, $D_B=0$). Evident, aceeași amplitudine are subpurtătoarea și pe durata cursei active de linii dacă se transmit imagini alb-negru. De aici rezultă că, amplitudinea subpurtătoarei pentru liniile de identificare D_R crește progresiv de la 0,213 V la 0,54 V, iar pentru liniile de identificare D_B crește progresiv de la 0,166 V la 0,50 V (fig. 9.10, b).

Pe durata stingerii pe verticală exceptând durata celor nouă linii de transmitere a semnalelor de identificare, nu se transmite subpurtătoarea, adică amplitudinea acesteia este zero.

În ultimul timp, prezența subpurtătoarei de frecvență f_{OR} și f_{OB} pe pallerul impulsului de stingere linii a fost folosită de constructorii de receptoare pentru a realiza comanda corectă a comutatorului electronic din receptor. În modelele vechi de receptoare, aducerea în sincronism a acestui comutator este realizată cu semnalele de identificare transmise pe cele nouă linii de pe stingerea pe verticală. S-a constatat că este mai simplu de a folosi cele două frecvențe ale subpurtătoarei, care diferă de la linie la linie. Această problemă va fi reluată în capitolul 13.

SEMNALUL VIDEOCOMPLEX COLOR SECAM

Semnalul videocomplex color SECAM este format din suma semnalelor de luminanță, de crominanță modulată și de sincronizare a culorii.

La transmisia barelor color, semnalul de crominanță D_R și D_B , prelucrate în joasă frecvență, (fig. 9.12, a), modulează în frecvență subpurtătoarea, a cărei formă este prezentată în fig. 9.12, b pentru liniile D_R și D_B . Se observă că amplitudinea este constantă, iar frecvența instantanee variază de la o bară la alta și de la o tranziție de culoare la alta. În fig. 9.12, c este reprezentată forma semnalului după realizarea preaccentuării IF , care nu modifică frecvența instantanee, dar care schimbă amplitudinea subpurtătoarei în funcție de această frecvență instantanee. Din acest motiv apar și vîrfurile la tranzițiile de culoare. Aceste vîrfuri sînt limitate de caracteristica de modulație de frecvență a subpurtătoarei.

Așadar, semnalul din fig. 9.12, c poartă informația de crominanță a imaginii transmise. Acest semnal se adaugă la semnalul de luminanță E_Y , obținînd în final semnalul videocomplex de culoare (fig. 9.12, d). Evident, că semnalul videocomplex de culoare conține pe timpul celor nouă linii de pe stingerele de semicadre semnale de identificare a culorii.

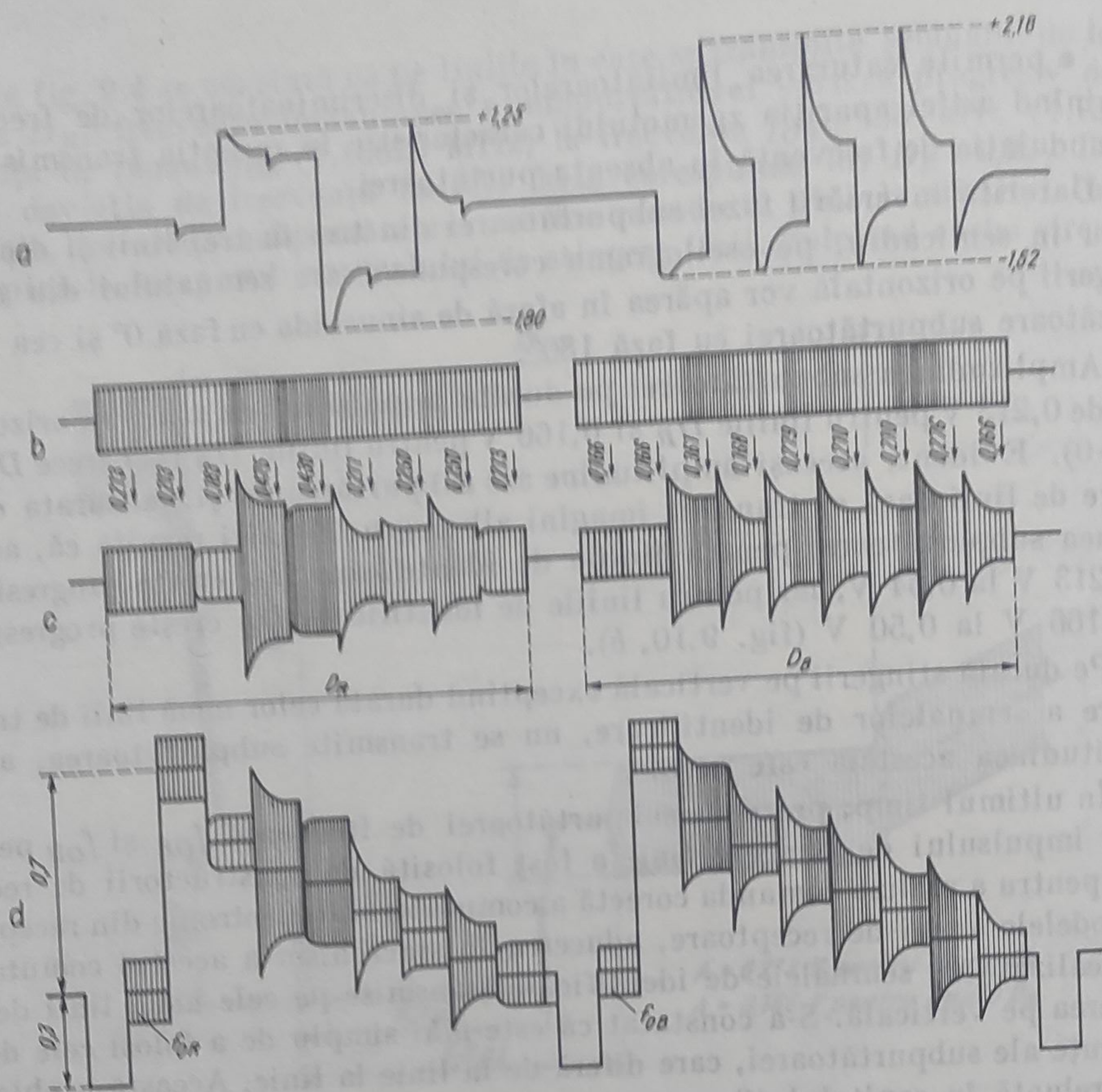


Fig. 9.12. Semnalele mirei cu bare color: *a* – semnalul preaccentuat și limitat; *b* – subpurtătoarea modulată MF; *c* – semnalul de crominanță după circuitul de preaccentuare IF; semnalul videocomplex SECAM.

9.2. STRUCTURA CODORULUI SECAM

Semnalul videocomplex de culoare SECAM se obține cu ajutorul unui dispozitiv de codare, structura căruia este prezentată în fig. 9.13 și care rezultă, de fapt, din considerațiile prezentate la punctul 9.1

Semnalele E_R , E_G' și E_B de la camera de televiziune, trecute prin corectorii gamma, se aplică unei scheme de matriciere la ieșirea căreia se obțin semnalele E_Y , D_R și D_B , conform relațiilor (9.1) și (9.3). Amintim că, coeficientul γ în sistemul SECAM este de 2,8.

În sumatorul Σ_R se însumează semnalul de crominanță D_R cu semnalul I_R de identificare a liniilor D_R , iar în sumatorul Σ_B se însumează semnalul de crominanță D_B cu semnalul I_B de identificare a liniilor D_B .

Semnalele de identificare I_R și I_B sînt generate de generatorul semnalelor de identificare (GSI) pe durata a nouă linii din intervalul de stingere pe semicadre (fig. 9.14). Sincronizarea acestui generator se face cu impulsurile de linii H și de cadre V .

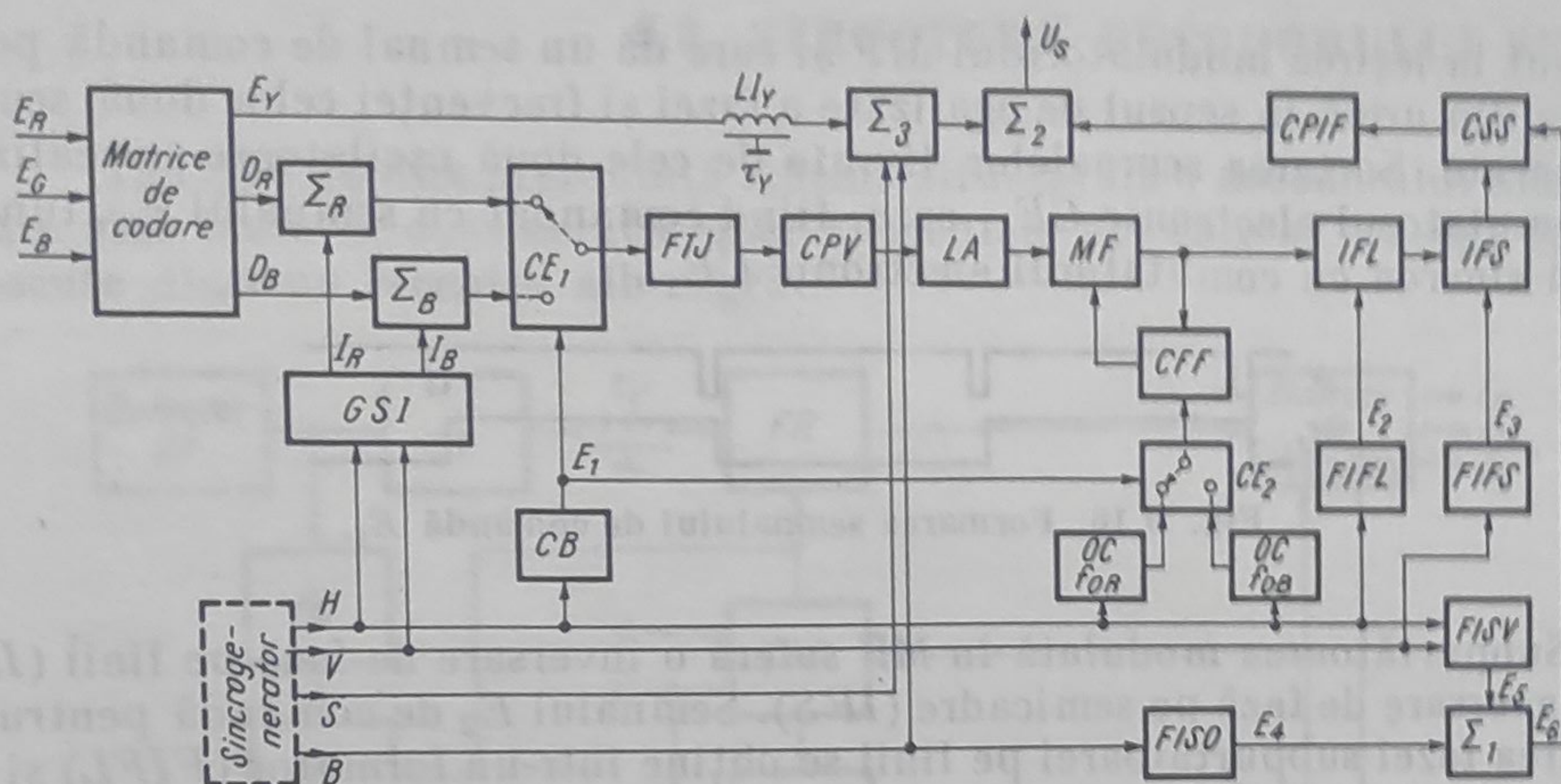


Fig. 9.13. Schema structurală a codorului SECAM.

Semnalele de la ieșirile sumatoarelor Σ_R și Σ_B sînt trecute printr-un comutator electronic (CE_1), care este comandat cu semnalul E_1 de frecvență egală cu jumătate din frecvența liniilor. Acest semnal se obține într-un circuit bistabil (CB), care este comandat de impulsurile H și V . Formele de undă sînt arătate în fig. 9.15. La ieșirea comutatorului electronic se obține un semnal format din succesiunea semnalelor $(D_R + I_R)$ și $(D_R + I_B)$, conform principiu-lui arătat în paragraful 9.1.

Semnalul de la ieșirea comutatorului electronic CE_1 trece printr-un filtru trece jos (FTJ) de bandă $0 - 1,4$ MHz și printr-un circuit de preaccentuare, care are caracteristica amplitudine-frecvență de forma celei din rel. (9.5).

Înainte de a fi aplicat modulatorului de frecvență (MF), semnalul este limitat în amplitudine (LA), conform nivelelor determinate de relațiile (9.11). Frecvențele f_{OR} și f_{OB} pe palierele din spatele impulsurilor de linii ale semna-lului sincrocomplex S sînt stabilite cu ajutorul unui comparator de fază și frecvență (CFF), în care se execută compararea salvelor f_{OR} și f_{OB} cu semnalul

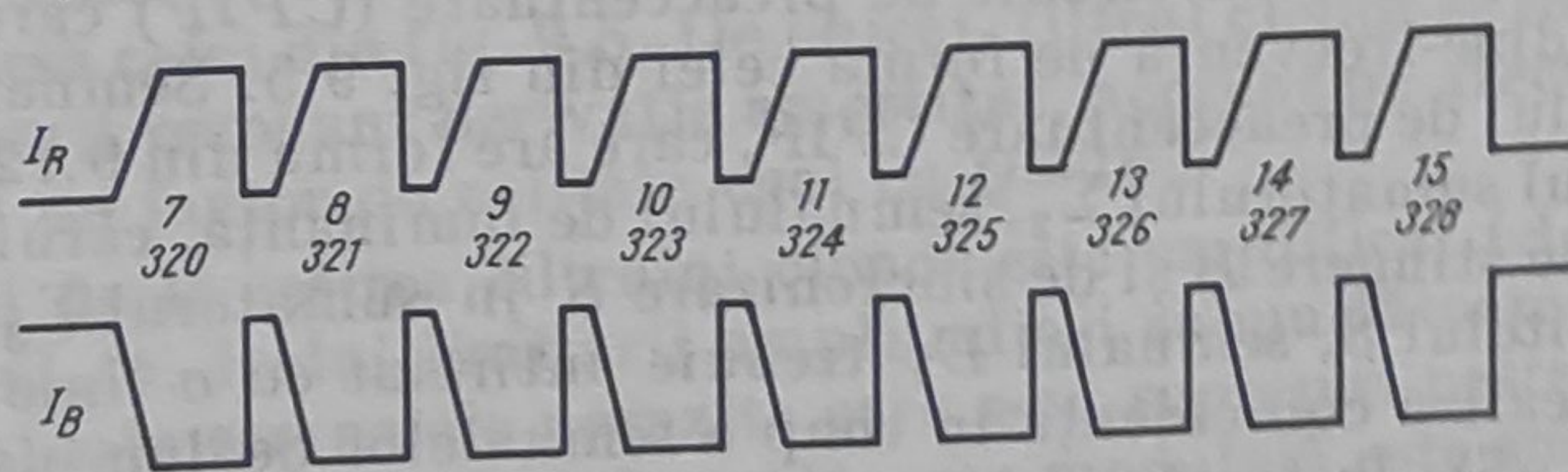


Fig. 9.14. Forma semnalelor de identificare a culorilor.

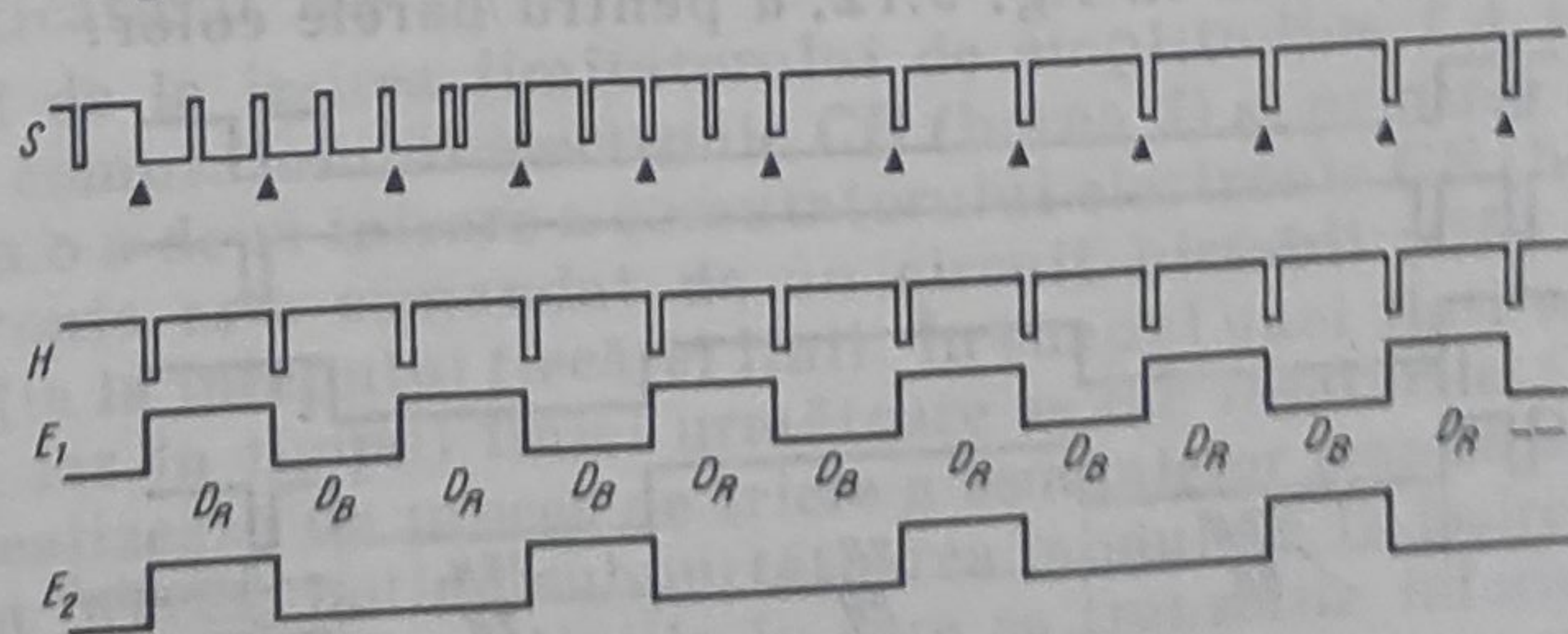


Fig. 9.15. Forma semnalelor de comandă E_1 și E_2 .

obținut la ieșirea modulatorului MF și care dă un semnal de comandă pentru acesta din urmă în sensul de egalizare a fazei și frecvenței celor două semnale comparate. Sortarea semnalelor livrate de cele două oscilatoare se realizează cu comutatorul electronic CE_2 , care, fiind comandat cu semnalul E_1 , funcționează sincron cu comutatorul electronic CE_1 .

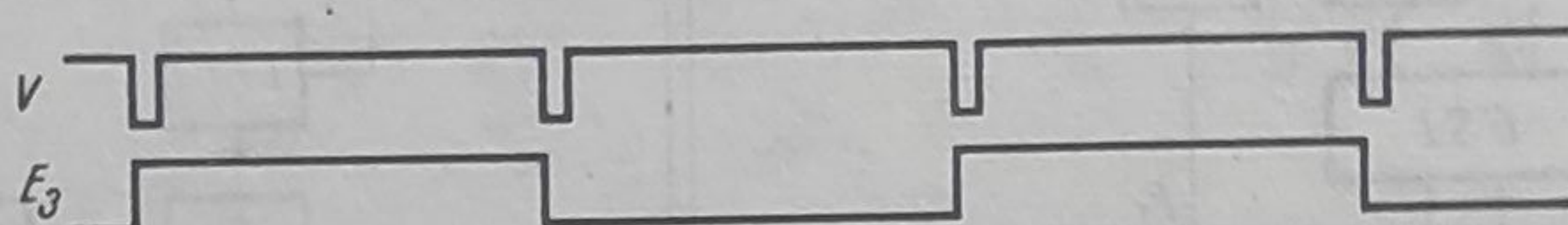


Fig. 9.16. Formarea semnalului de comandă E_3 .

Subpurtătoarea modulată în MF suferă o inversare de fază pe linii (IFL) și o inversare de fază pe semicadre (IFS). Semnalul E_2 de comandă pentru inversarea fazei subpurtătoarei pe linii se obține într-un formator ($FIFL$) și are forma din fig. 9.15. Semnalul E_3 de comandă a inversării fazei subpurtătoarei pe semicadre se obține cu circuitul bistabil ($FIFS$) din impulsurile de semicadre V (fig. 9.16). În acest fel, faza subpurtătoarei se va modifica conform tabelului 9.4.

Urmează un circuit de suprimare a subpurtătoarei (CSS), care este comandat de semnalul E_5 , obținut conform formelor de undă din fig. 9.17. Suprimarea subpurtătoarei se face pe timpul stingerii pe verticală, exceptând intervalul de transmitere a semnalelor de identificare și pe timpul stingerii de linii în intervalele în care nu se transmite subpurtătoarea (adică între începutul stingerii pe orizontală și începutul transmiterii subpurtătoarei). Durata impulsurilor de suprimare a subpurtătoarei pe orizontală este stabilită de circuitul formator de impulsuri $FISO$, iar poziția și durata impulsurilor de suprimare a subpurtătoarei pe verticală sînt stabilite de circuitul formator de impulsuri $FISV$. Semnalele E_4 și E_5 obținute la ieșirile celor două circuite se însumează în sumatorul Σ_1 la ieșirea căruia se obține semnalul E_6 cu care se comandă suprimarea subpurtătoarei în circuitul CSS .

Următoarea procesare a subpurtătoarei modulate constă în preaccentuarea în înalta frecvență într-un circuit de preaccentuare ($CPIF$) care are caracteristica amplitudine-frecvență de forma celei din fig. 9.5. Semnalul obținut la ieșirea circuitului de preaccentuare $CPIF$, care are forma din 9.12, c se adaugă, prin intermediul sumatorului Σ_2 , semnalului de luminanță, căruia i s-au adăugat semnalele de stingere B și de sincronizare S în sumatorul Σ_3 . Așa cum s-a precizat în capitolul 8, semnalul E_Y trebuie întârziat cu o linie de întârziere LI_Y pentru a realiza coincidența în timp a semnalelor de luminanță și cromaticanță ($\tau_Y \approx 0,4 \mu S$). În final se obține semnalul videocomplex de culoare U_S , a cărei structură este dată în fig. 9.12, d pentru barele color.

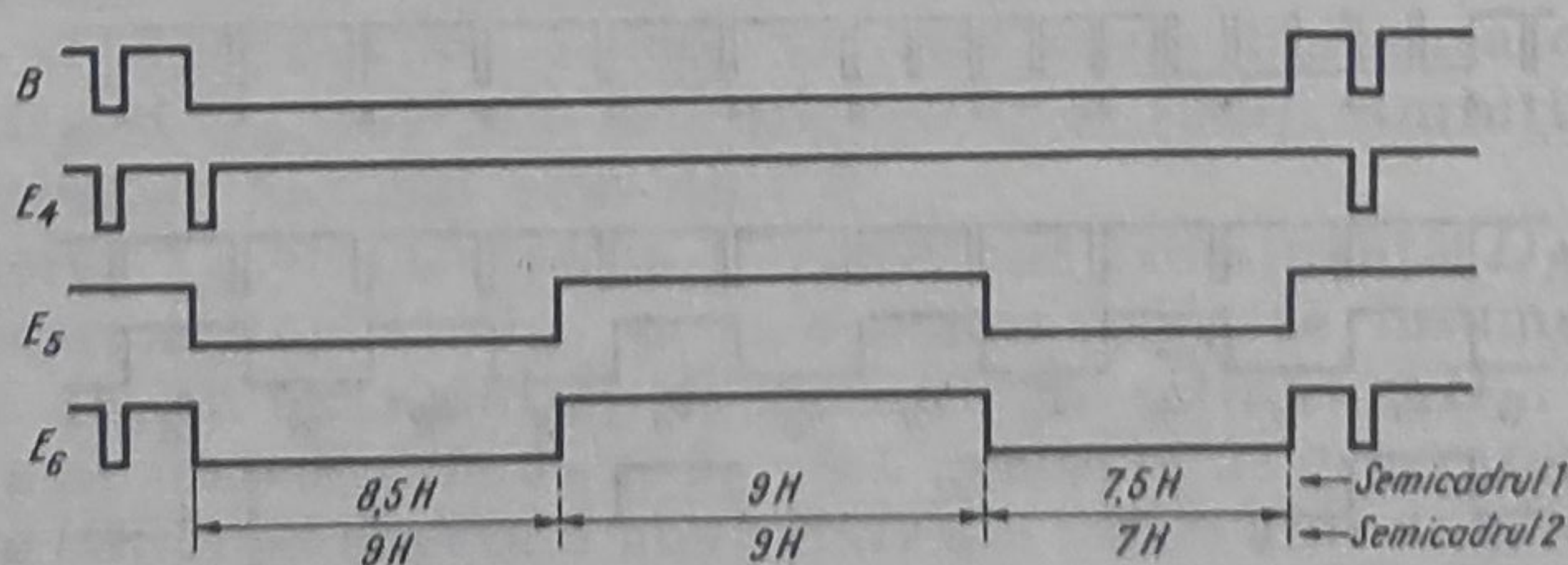


Fig. 9.17. Formarea semnalului de comandă E_4 , E_5 , E_6 .

9.3. STRUCTURA DECODORULUI SECAM

În fig. 9.18 este prezentată schema structurală a decodorului SECAM. În care sînt luate în considerație doar elementele noi care se adaugă la cele cunoscute dintr-un receptor alb-negru.

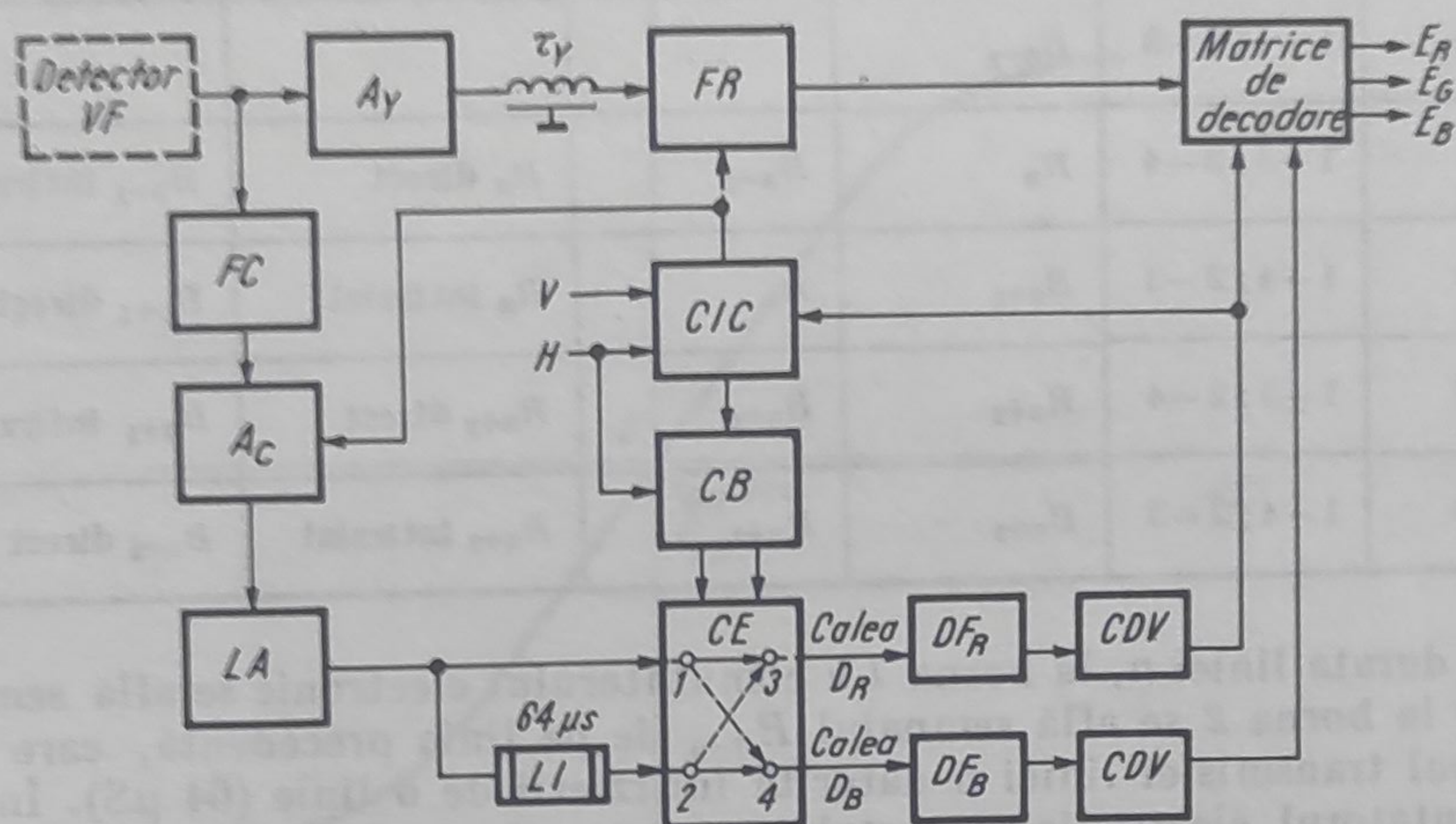


Fig. 9.18. Schema structurală a decodorului SECAM.

După detecția semnalului recepționat se obține semnalul videocomplex de culoare U_S . Acest semnal este amplificat (amplificatorul A_Y) și apoi întârziat cu o linie de întârziere ($\tau_Y \approx 270 \div 500 \mu s$), după care este trecut printr-un filtru de respingere, FR , acordat pe frecvența $f_D = 4,286 \text{ MHz}$ (atenuarea la această frecvență trebuie să fie de cca 12 dB).

Semnalul de la ieșirea detectorului trece prin filtrul clopot, FC , care are dublul rol: de a extrage subpurtătoarea modulată în frecvență din semnalul videocomplex color și de a compensa preaccentuarea IF printr-o caracteristică de formă inversă celei din fig. 9.5. De obicei, filtrul clopot se realizează cu ajutorul unui circuit rezonant derivație amortizat, acordat pe frecvența $f_0 = 4,826 \text{ MHz}$ și avînd un factor de calitate egal cu $Q = 16$.

Semnalul de la ieșirea filtrului clopot este amplificat (A_C) și limitat în amplitudine (LA). Rolul limitării amplitudinii subpurtătoarei modulate este de a elimina toate semnalele parazite care s-au suprapus peste acesta. Pentru a realiza o limitare eficientă, subpurtătoarea modulată este amplificată puternic în amplificatorul A_C .

Semnalul de la ieșirea limitatorului de amplitudine LA se aplică direct la o intrare a comutatorului electronic CE (borna 1) și printr-o linie de întârziere de $64 \mu s$ la o a doua intrare a comutatorului electronic CE (borna 2). Comutatorul electronic este comandat de un circuit bistabil (CB) astfel încît își schimbă poziția la începutul fiecărei linii. În timpul unei linii se fac legăturile $1-3$ și $2-4$, iar în timpul liniei următoare se fac legăturile $1-4$ și $2-3$. În acest fel se realizează un proces de triere a semnalelor transmise pe linii. Vom examina acest proces, notînd subpurtătoarea modulată la ieșirea limitatorului de amplitudine LA cu R pe liniile în care se transmite informația D_R și cu B pe liniile în care se transmite informația D_B .

Tabelul 9.5

Numărul liniei din cadru	Contactele CE	Semnalele la intrarea CE		Semnalele la ieșirea CE	
		Semnal direct (Borna 1)	Semnal întârziat (Borna 2)	Calea D_R (Borna 3)	Calea D_B (Borna 4)
$n-1$	1-4; 2-3	B_{n-1}
n	1-3; 2-4	R_n	B_{n-1}	R_n direct	B_{n-1} întârziat
$n+1$	1-4; 2-3	B_{n+1}	R_n	R_n întârziat	B_{n+1} direct
$n+2$	1-3; 2-4	R_{n+2}	B_{n+1}	R_{n+2} direct	B_{n+1} întârziat
$n+3$	1-4; 2-3	B_{n+3}	R_{n+2}	R_{n+2} întârziat	B_{n+3} direct

Pe durata liniei n , la borna 1 a comutatorului electronic se află semnalul R_n , iar la borna 2 se află semnalul B_{n-1} de pe linia precedentă, care apare în timpul transmisiei liniei n datorită întârzierii de o linie ($64 \mu\text{S}$). Întrucît în comutatorul electronic sînt stabilite legăturile 1-3 și 2-4, la borna 3 (calea D_R) apare semnalul R_n direct, iar la borna 4 (calea D_B) apare semnalul B_{n-1} întârziat.

Pe durata liniei următoare $n+1$, se transmite semnalul B_{n+1} , deci la borna 1 este prezent acest semnal, în timp ce la borna 2 apare semnalul R_n transmis în linia precedentă, datorită, bineînțeles, întârzierii de $64 \mu\text{S}$. Comanda primită de la circuitul bistabil CB schimbă legăturile comutatorului electronic, astfel încît semnalul de la borna 1 trece la borna 4 și semnalul de la borna 2 trece la borna 3. Deci, la borna 3 (calea D_R) apare semnalul R_n întârziat, iar la borna 4 apare semnalul B_{n+1} , direct.

În tabelul 9.5 sînt sistematizate semnalele care apar la intrările și ieșirile comutatorului electronic pe cîteva linii succesive dintr-un semicadru. De aici rezultă că, în fiecare moment, la borna 1 apare informația directă, iar la borna 2 informația de pe linia precedentă.

Așadar, cu ajutorul comutatorului electronic și liniei de întârziere se obțin simultan și separat semnalele D_R și D_B modulate din succesiunea acestora transmisă. În orice moment, la ieșirile comutatorului electronic sînt prezente simultan semnalul liniei în curs de explorare și semnalul liniei explorate anterior (datorită liniei de întârziere, care memorează semnalul pe durata unei linii). Acest lucru este important deoarece semnalele E_R , E_G , E_B trebuie să acționeze simultan asupra tubului cinescop. Reproducerea culorilor este corectă numai în măsura în care presupunem că semnalul de pe linia în curs de explorare este identic cu semnalul de pe linia precedentă, ceea ce statistic se adeverește.

Pe fiecare din căile de semnal D_R și D_B există un demodulator, acordat pe frecvența de repaus a subpurătoarei corespunzătoare (f_{OR} pentru demodulatorul DF_R și f_{OB} pentru demodulatorul DF_B). La ieșirile demodulate se obțin semnalele de cromaticitate, D_R și D_B . Panta unuia din demodulate poate fi inversă față de a celuilalt pentru ca semnalele demodulate să aibă

același semn (a nu se uita că semnalul D_R are semnul minus și semnalul D_B are semnul plus — relația (9.2)). În fig. 9.19 este arătată forma caracteristicii unui demodulator de frecvență.

Semnalele de la ieșirile demodulatoarelor trec prin câte un circuit de dezaccentuare video (CDV) care are o caracteristică inversă circuitului de preaccen-

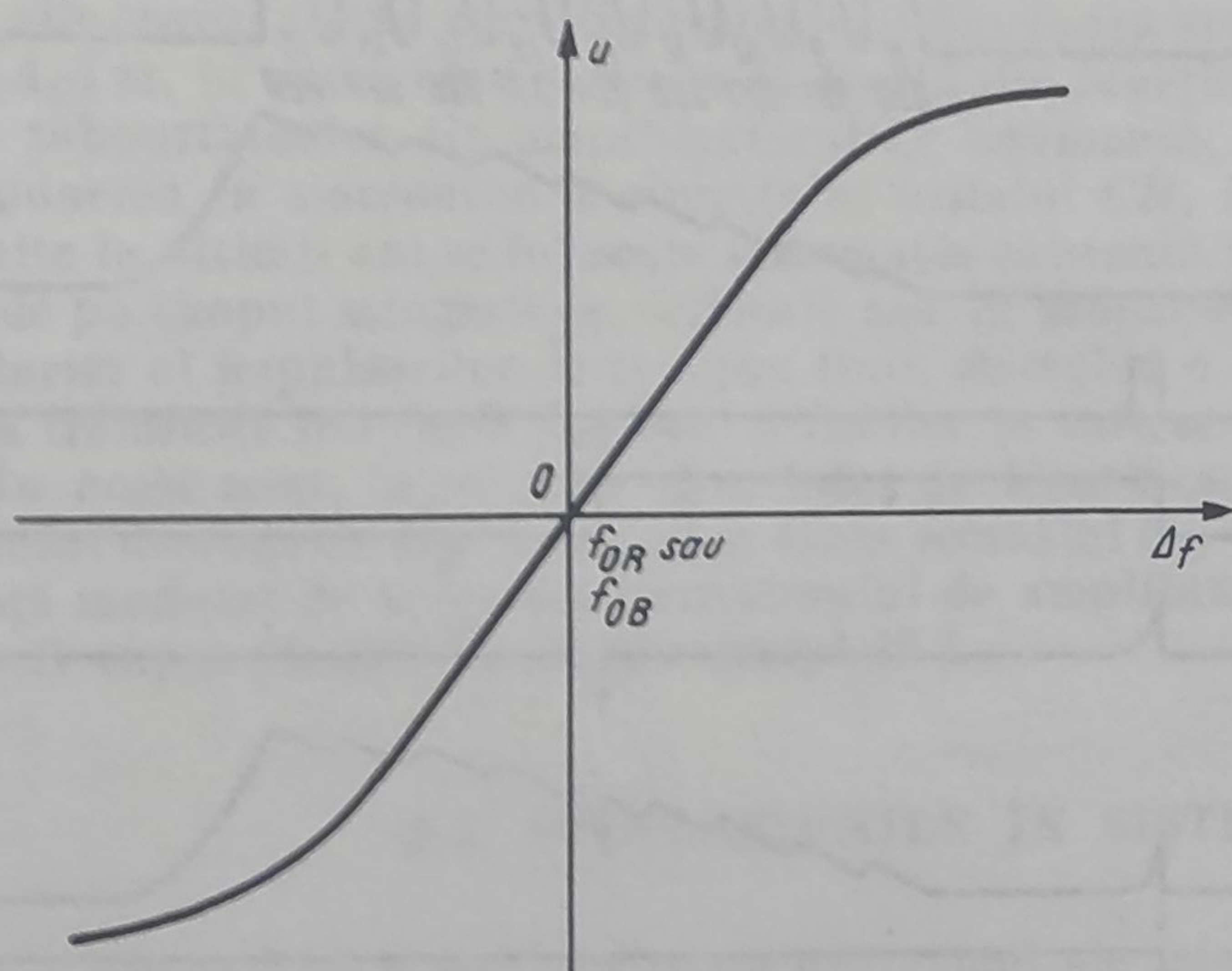


Fig. 9.19. Caracteristica discriminatorului de fază.

tuare folosit la emisie. În fig. 9.20 este arătat un circuit de preaccentuare realizat cu elemente RC.

Semnalele E_Y , D_R și D_B se aplică unei matrici de decodare, la ieșirea căreia se obțin semnalele E_R , E_G , E_B , conform relațiilor:

$$\begin{aligned} E_R &= 0,526 D_R + E_Y \\ E_G &= -0,267 D_R - 0,129 D_B + E_Y \\ E_B &= 0,667 D_B + E_Y. \end{aligned} \quad (9.13)$$

În cazul în care tubului cinescop i se aplică semnalele E_Y , $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$, semnalele D_R și D_B (presupunem a avea același semn) suferă o prelucrare de forma:

$$\begin{aligned} E_R - E_Y &= \frac{D_R}{1,9} = 0,526 D_R \\ E_B - E_Y &= \frac{D_B}{1,5} = 0,667 D_B \end{aligned} \quad (9.14)$$

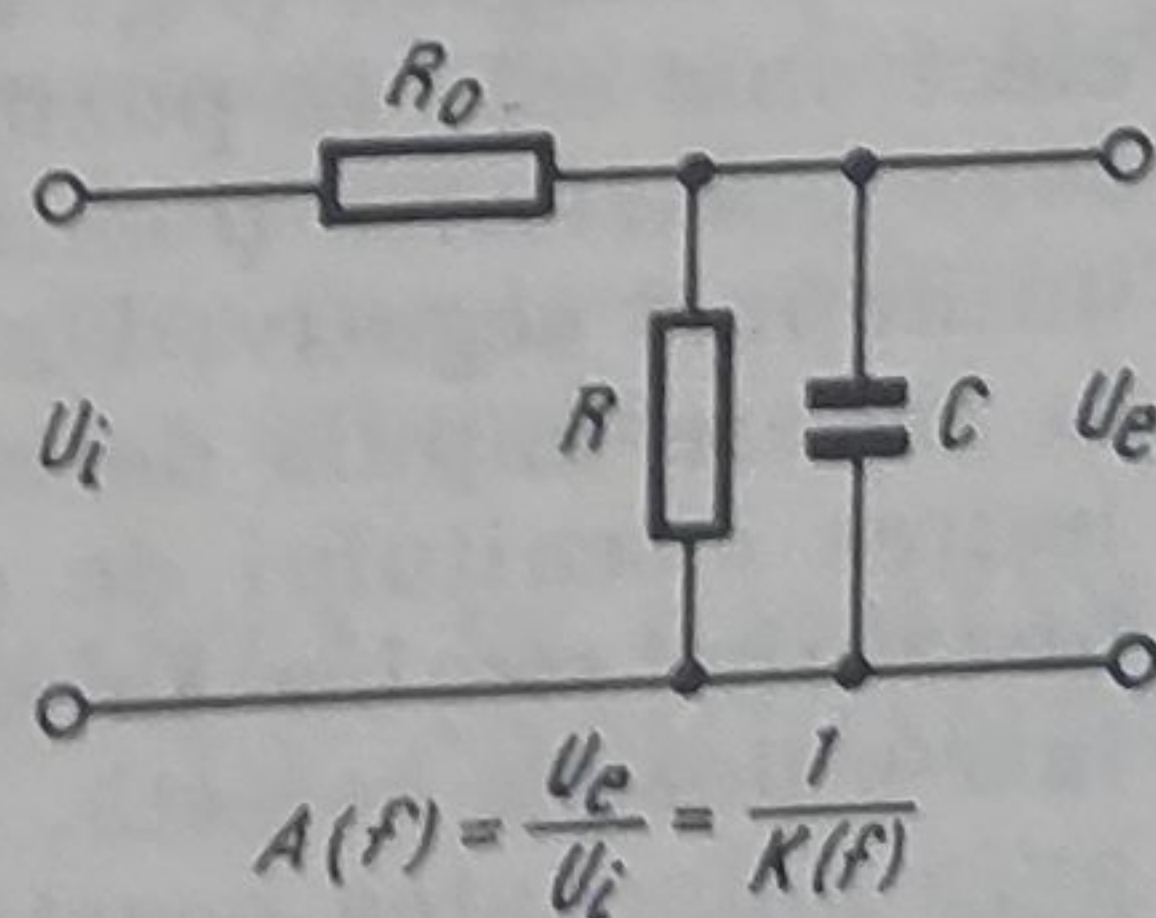


Fig. 9.20. Schema circuitului de dezaccentuare video.

Pentru punerea comutatorului electronic, CE , în fază cu comutatorul de la emisie se folosesc semnalele de identificare transmise pe timpul stingerii pe verticală, conținute în unul din semnalele de crominanță D_R sau D_B . Pentru aceasta se folosește un circuit de identificare a culorii (CIC) și un circuit bistabil (CB).

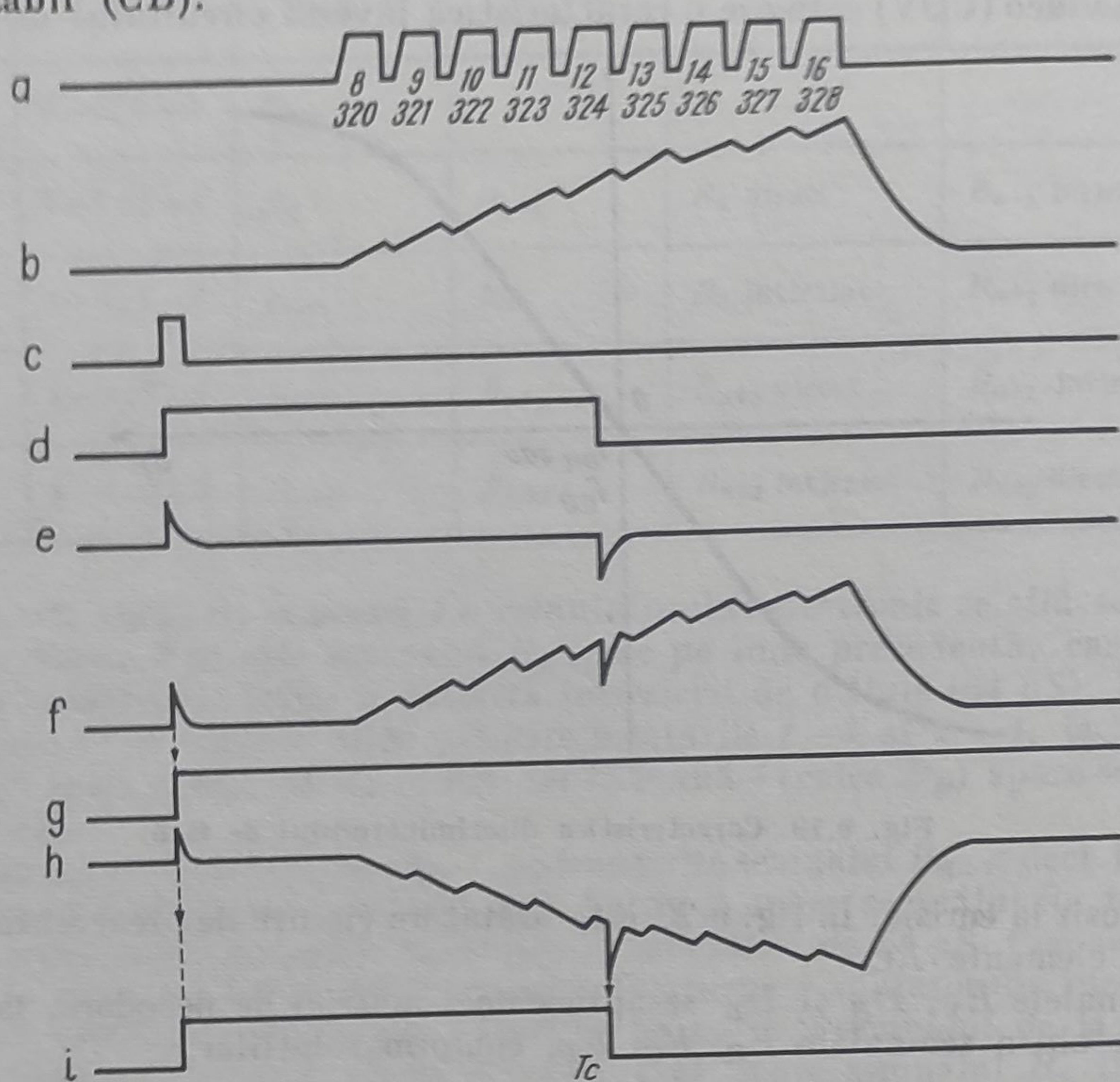


Fig. 9.21. Formarea semnalului de comandă a circuitului bistabil CB .

Unul din semnalele de crominanță (de pildă D_R — fig. 9.21, a) se aplică circuitului de identificare CI , în care se integrează pentru a reduce perturbațiile și pentru a selecta în amplitudine semnalele de identificare (fig. 9.21, b). Din semnalul de sincronizare pe verticală V (fig. 9.12, c) se formează un impuls (fig. 9.21, d) al cărui front posterior este plasat aproximativ la jumătatea duratei impulsului de identificare integrat. Impulsul care se obține din frontul posterior prin diferențiere (fig. 9.21, e) se aplică împreună cu semnalul de identificare integrat (fig. 9.21, b) unui circuit de coincidență. Dacă comutatorul electronic este în poziție corectă, atunci semnalul de identificare integrat va avea polaritatea pozitivă și la ieșirea schemei de coincidență nu apare nici un impuls negativ. Un circuit bistabil este trecut în starea unu (fig. 9.21, g) la fiecare impuls de cadre și în starea zero la fiecare impuls negativ de la ieșirea circuitului de coincidență. În cazul nostru, acest impuls neexistind, bistabilul rămâne în starea unu. Dacă însă comutatorul electronic nu este într-o poziție corectă, atunci semnalele de identificare din semnalul D_R vor avea polaritatea negativă, deoarece vor trece semnalele de identificare de pe liniile cu D_R care au polaritate negativă. Forma semnalului la ieșirea circuitului de coincidență va arăta ca în fig. 9.21, h. În momentul T_c circuitul bista-

bil este adus în starea zero. Acest moment este sesizat și de către un alt circuit bistabil CB (fig. 9.20) care trece suplimentar dintr-o stare în alta, astfel încât comutatorul electronic va funcționa corect. În următorul semicadru, fazarea fiind stabilită, formele de undă rămân cele din fig. 9.21, f și g .

În cazul în care semnalele de identificare lipsesc (de exemplu, la recepția programului alb-negru) starea zero din semnalul i blochează amplificatorul de crominanță (A_C) și, în același timp, poate să scoată din funcțiune și circuitul de rejecție a subpurtătoarei din amplificatorul de luminanță.

Pentru punerea în sincronism a circuitului bistabil CB , în televizoarele color construite în ultimii ani se folosește informația existentă în semnalele de identificare de pe timpul stingerii pe verticală sau în semnalele transmise pe palierul posterior al impulsurilor de stingere linii, efectuînd o selecție a liniilor în care se transmite frecvența f_{OR} sau a liniilor în care se transmite frecvența f_{OB} . În acest scop, la intrarea circuitului de identificare se aplică, în locul semnalului demodulat D_R (de obicei se alege semnalul $E_R - E_Y$), semnalul de crominanță modulată de la ieșirea limitatorului de amplitudine LA . Acest procedeu va fi expus în detaliu în paragraful 13.3.

9.4. DISTORSIUNILE ÎN SISTEMUL SECAM

În cele ce urmează vom semnaliza unele distorsiuni ale imaginii care apar în cazul folosirii sistemului SECAM.

LIMITAREA BENZILOR DE FRECVENȚĂ A SEMNALELOR DE CROMINANȚĂ

Ca și în celelalte sisteme compatibile de televiziune în culori, semnalele de crominanță D_R și D_B se transmit cu benzi de frecvență limitate. Datorită acestui fapt apare fenomenul de „mînjire” a trecherilor verticale dintre detaliile culorilor și fenomenul de „dîră” a culorilor.

INFLUENȚA PREACCENTUĂRII VIDEO ȘI A LIMITĂRII SEMNALULUI DE CROMINANȚĂ

Așa cum s-a arătat, circuitul de preaccentuare video din codor conduce la apariția unor salturi mari de tensiune la trecerile de la o culoare la alta, în special la tranziția dintre galben și turcoaz, verde și mov, roșu și albastru. Aceste salturi sînt limitate în amplitudine înainte de a se aplica modulatorului de frecvență. În schimb, în receptor circuitul de preaccentuare este proiectat să funcționeze ca și cum s-ar transmite semnale predistorsionate, dar fără limitarea salturilor. Rezultă deci, că forma semnalului de crominanță nu mai poate fi reconstituit corect. Pe imagine aceasta se traduce printr-o „mînjire” suplimentară a tranzițiilor de culoare, în special a celor saturate.

PĂTRUNDEREA SEMNALULUI DE LUMINANȚĂ ÎN CANALUL DE CROMINANȚĂ

La ieșirile celor două discriminatoare de frecvență din receptor apar, alături de semnalele de crominanță modulate, și componentele spectrale ale semnalului de luminanță din banda video superioară. Acțiunea acestor compo-

mente este analogă acțiunii perturbațiilor sub formă de impuls asupra transmisiei cu modulație de frecvență. Se cunoaște că atunci când acțiunea perturbației se apropie de amplitudinea subpurtoarei, deviația parazită crește puternic, conducând la o creștere a perturbației după discriminator. Datorită acțiunii circuitului de preaccentuare video (care este, de fapt, un circuit de integrare), această perturbație crește în durată. Din această cauză, părțile din imagine care conțin componente de înaltă frecvență vor apare cu „dîre”. Pentru diminuarea acestor distorsiuni, se efectuează în codor o modulație de amplitudine suplimentară.

PĂTRUNDEREA SEMNALULUI DE CROMINANȚĂ ÎN CANALUL DE LUMINANȚĂ

Distorsiunile care apar în acest caz sînt identice cu cele analizate în sistemul NTSC.

REPRODUCEREA TRANZIȚIILOR VERTICALE DE CULOARE

Transmiterea secvențială a semnalelor D_R și D_B din linie în linie, are ca efect micșorarea definiției pe verticală (de cca 3 ori) pentru aceste semnale. De menționat că ideea transmiterii secvențiale în sistemul SECAM a apărut tocmai de la faptul că definiția pe verticală a informației de crominanță poate fi redusă cel puțin în același raport în care s-a redus definiția pe orizontală a acestei informații prin reducerea benzii de frecvență a semnalului de crominanță (de cca 4 ori).

Dacă se analizează tranziția pe verticală de la o culoare la alta, se constată că la granița celor două culori apar alte culori false. Datorită medierii care se face cu o frecvență foarte joasă, apare fenomenul de scintilație a culorilor la granița celor două culori, de moar colorat și de deplasare pe verticală a liniilor.

EFFECTUL INSTABILITĂȚII DURATEI LINIEI DE ÎNTÎRZIERE

Dacă durata liniei de întîrziere diferă cu $\Delta\tau_0$ față de durata nominală $\tau_0 = 64 \mu s$ apar distorsiuni la tranzițiile pe orizontală a culorilor. În fig. 9.22

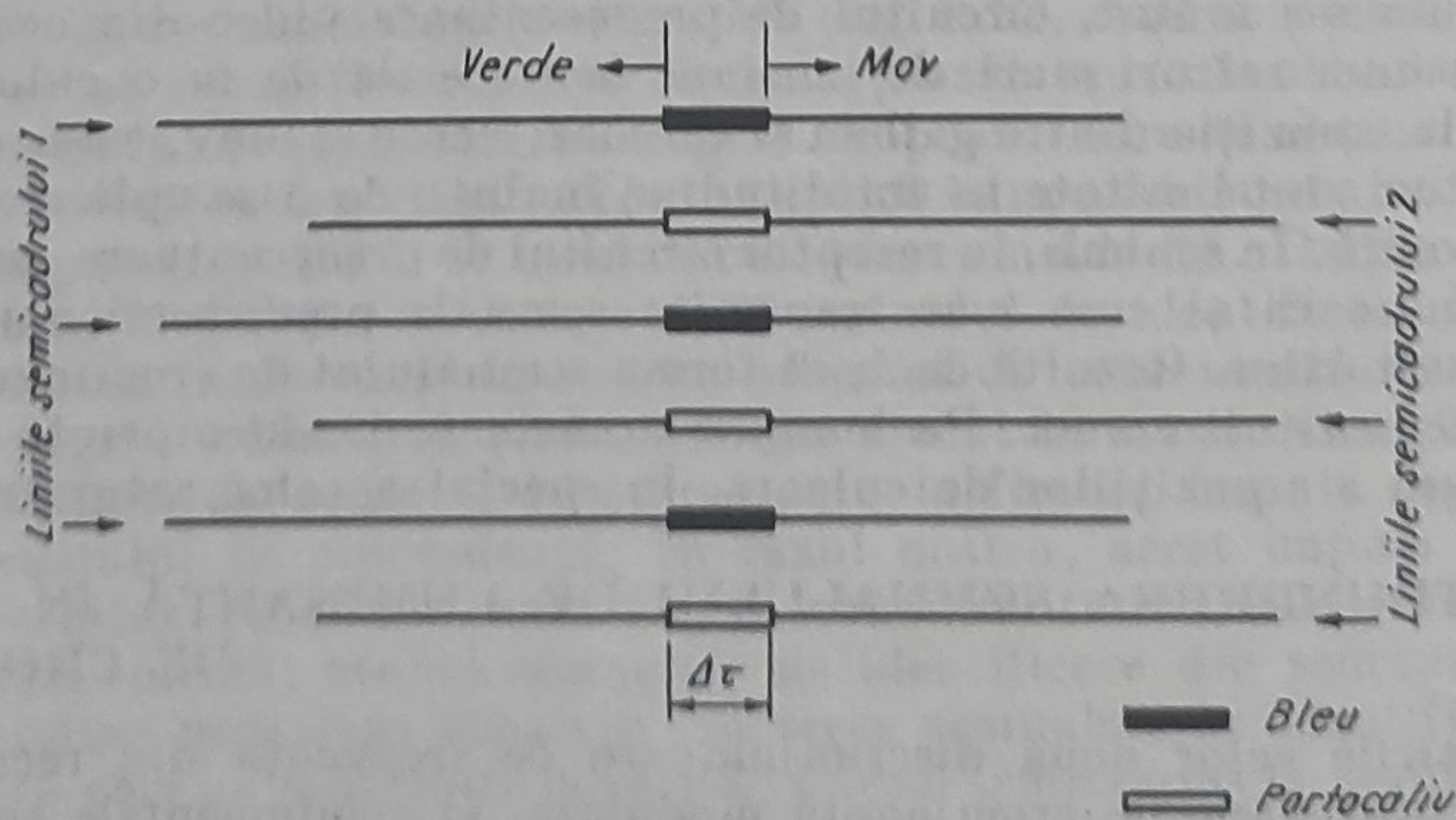


Fig. 9.22. Efectul instabilității duratei liniei de întîrziere asupra tranzițiilor de culoare.

este arătat cum se reproduce o trecere de la culoarea verde la cea de mov în cazul în care durata liniei de întârziere este egală cu $\tau_0 + \Delta\tau_0$. Urmărind semnalele pe linii și pe cadre, se poate deduce că pe durata $\Delta\tau_0$ apar două perechi de linii succesive, dintre care culoarea uneia se obține din combinarea semnalului D_R a culorii verde cu semnalul D_B a culorii mov (obținând culoarea bleu), iar culoarea celeilalte se obține din combinarea semnalelor D_B verde cu semnalele D_R mov (obținând culoarea portocaliu). Datorită efectului stroboscopic, aceste culori false apar sub formă de alunecare pe verticală. Experimental s-a arătat că acest efect este nesupărător dacă $\Delta\tau_0 \leq 170$ ns.

VIZIBILITATEA SUBPURTĂTOAREI PE TELEVIZORUL ALB-NEGRU

Prezența semnalului de crominanță modulată în semnalul de luminanță produce pe ecranul tubului cinescop o structură neregulată de puncte. Această structură acoperă întregul ecran deoarece subpurtătoarea se transmite și în porțiunile alb-negru ale imaginii.

Pentru reducerea acestei perturbații, în sistemul SECAM s-a adoptat principiul schimbării fazei subpurtătoarei din 3 în 3 linii și din semicadru în semicadru. Practic efectul acestei procesări este diminuat din cauza perioadei mari de repetiție a semnalului video (6 cadre).

INFLUENȚA CANALULUI DE COMUNICAȚIE ASUPRA IMAGINII REPRODUSE

Distorsiunea caracteristicii amplitudine-frecvență a canalului de comunicație influențează relativ puțin asupra saturației culorilor, în schimb poate înrăutăți raportul semnal/zgomot la intrarea discriminatoarelor de frecvență deoarece reduce amplitudinea semnalului modulată în frecvență.

Nesimetria benzilor laterale de frecvență ale semnalului de crominanță modulată nu produce distorsiuni de nuanță deoarece semnalele D_R și D_B se transmit secvențial și deci între ele nu există perturbații reciproce.

Distorsiunile de amplitudine diferențială a semnalului de crominanță nu conduc la apariția de distorsiuni atîta timp cît amplitudinea subpurtătoarei depășește nivelul de limitare înainte de demodulare.

Neliniaritatea caracteristicii fază-frecvență a canalului de crominanță conduce la apariția unor distorsiuni de culoare la tranzițiile de la o culoare la alta, care diferă și în strălucire și, în același timp, se perturbă suprapunerea în timp a semnalelor de luminanță și crominanță.

Particularități ale aparaturii de studiu

10.1. TRANSMISIA FILMELOR ÎN CULORI

După cum se știe, programele de televiziune în culori cuprind și transmiterea imaginilor înregistrate pe peliculă de film sau pe diapozitive. Imaginile color ale diapozitivelor sau ale peliculei de film sînt transformate în semnale de televiziune prin intermediul instalațiilor de telecinematograf.

SISTEME DE ANALIZĂ FOLOSITE LA TRANSMISIA FILMELOR ÎN CULORI

Instalațiile moderne de telecinematograf se bazează pe două sisteme de analiză: cu tuburi vidicon (sau plumbicon) și cu spot volant.

În fig. 10.1 este prezentat sistemul de analiză cu tuburi vidicon (sau plumbicon). O lampă de proiecție L emite un fascicul uniform de lumină care este dirijat spre pelicula de film prin intermediul unui condensator C și a unei

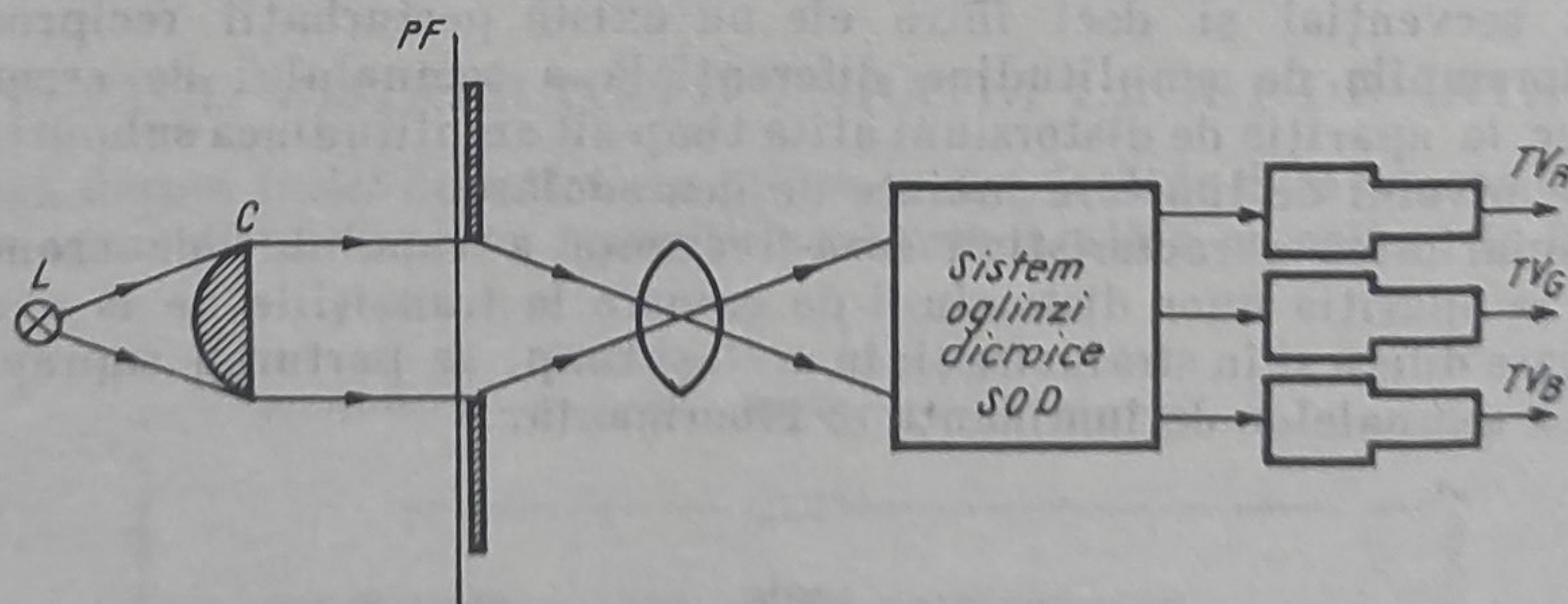


Fig. 10.1. Sistemul de analiză al camerei de telecinematograf cu tuburi vidicon (plumbicon).

ferăstruici de dimensiunile unui cadru de film (sau diafilm). Imaginea optică rezultată este proiectată, prin intermediul sistemului optic de oglinzi dicroice (SOD), pe suprafețele fotosensibile ale celor trei tuburi videocaptoare TV_R , TV_G și TV_B .

În fig. 10.2 este arătat sistemul de analiză cu spot volant. În acest caz, analiza imaginii de pe pelicula de film se face linie cu linie cu ajutorul rastrului de linii ale unui tub cinescop TC .

Spotul luminos, emis de tubul cinescop TC se focalizează cu ajutorul obiectivului O pe suprafața peliculei de film ce se deplasează prin fața ferăstruicii F . Prin intermediul condensatorului C , imaginea optică de pe pelicula de film este transformată într-un flux de raze paralele, îndreptate către sistemul optic de oglinzi dicroice SOD . La ieșirea acestuia sînt conectate trei celule fotomultiplicatoare cu ajutorul cărora se obțin semnale electrice corespunzătoare celor trei culori fundamentale.

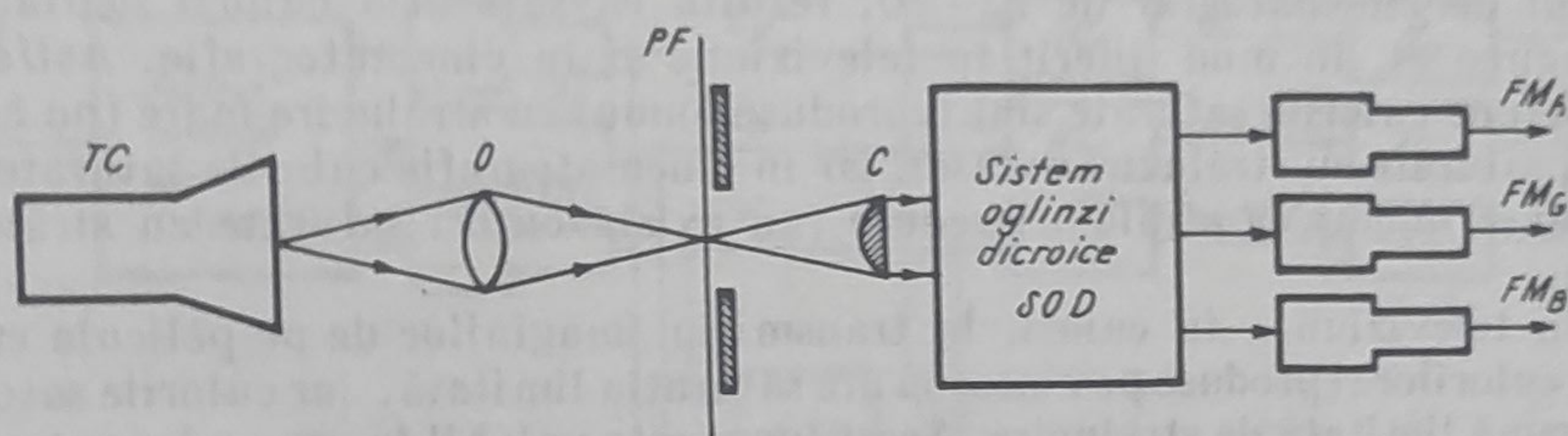


Fig. 10.2. Sistemul de analiză al camerei de telecinematograf cu spot volant.

REPRODUCEREA CULORILOR PE PELICULA DE FILM

În tehnica fotografiei în culori se folosește pelicula formată din trei straturi, atât pentru negativ, cât și pentru pozitiv. Fiecare strat de emulsie este sensibil la acea porțiune a spectrului care este absorbit de colorantul stratului respectiv (adică se absoarbe culoarea complementară culorii care este lăsată să treacă prin strat). De pildă, colorantul galben absoarbe culoarea albastră, colorantul purpuriu absoarbe culoarea verde, iar colorantul bleu absoarbe culoarea roșie.

În fig. 10.3 este arătat intuitiv care coloranți trebuiesc separați în straturile peliculei foto pozitive pentru ca prin trecerea prin peliculă a fluxului de lumină albă, să se obțină culoarea obiectului. Virfurile triunghiului R, G, B de lumină albă, să se obțină culoarea obiectului, iar virfurile Y, M, C determină culorile coloranților. Primul strat (galben) al peliculei este sensibil la porțiunea albastră

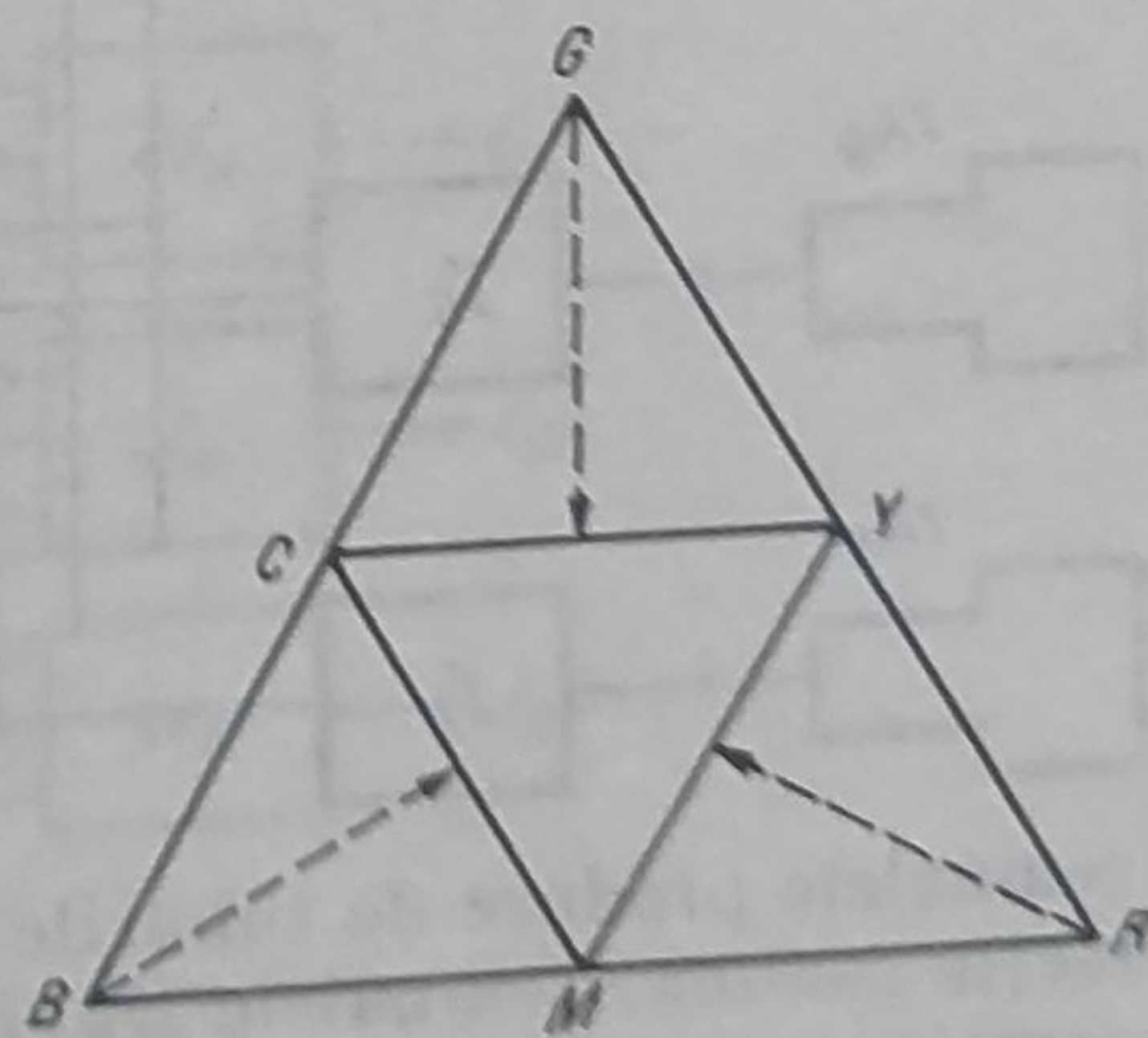


Fig. 10.3. Determinarea coloranților peliculei color de film.

a spectrului, pe care o absoarbe, în schimb lasă să treacă porțiunile de verde și roșu ale spectrului. Al doilea strat (purpuriu) este sensibil la porțiunea verde a spectrului pe care o absoarbe, în schimb lasă să treacă porțiunile de albastru și roșu. Al treilea strat (bleu) este sensibil la partea de roșu a spectrului, pe care o absoarbe, în schimb lasă să treacă părțile de albastru și verde ale spectrului.

Pentru peliculele negative și pozitive, caracteristicile spectrale au aproximativ aceeași sensibilitate, dar regiunile de suprapunere ale acestor caracteristici sînt mai mari la pelicula negativă decît la cea pozitivă.

La iluminarea prin transparență a peliculei negative, culoarea rezultată este culoarea complementară culorii triunghiului.

Întrucît contrastul imaginii color pe cinescop este egal cu, aproximativ, 20, iar contrastul imaginii color pe pelicula de film este de 270—800, iar pe ecranul de cinematograf de 72—80, rezultă că saturația culorii depinde de strălucirea ei, în mod diferit în televiziune și în cinematografie. Astfel, în televiziune culorile saturate sînt reproduse numai cu strălucire mare (nu există culori saturate cu străluciri reduse), iar în cinematografie culorile saturate sînt reproduse numai cu străluciri reduse (nu există culori saturate cu străluciri mari).

În televiziunea în culori, la transmisia imaginilor de pe pelicula color, gama culorilor reproduse pe cinescop are saturația limitată, iar culorile saturate au o gamă limitată de strălucire. Acest lucru este valabil în special pentru culorile de verde și albastru.

Așadar, detaliile imaginii de pe pelicula color cu saturație ridicată și strălucire scăzută nu pot fi reproduse în televiziunea în culori. Pentru îmbunătățirea transmisiei filmelor în culori prin televiziunea în culori este necesar să se mărească, pe cale electronică, strălucirea culorilor întunecate și saturația culorilor luminoase de pe pelicula de film.

TRANSMISIA FILMELOR DE PE PELICULA COLOR NEGATIVĂ

În cazul în care prin televiziune se transmit filme de pe pelicule color negative, este necesar să se conecteze la ieșirile tuburilor analizoare scheme pentru matricierea semnalelor (fig. 10.4). Aceste matrici se conectează după ce

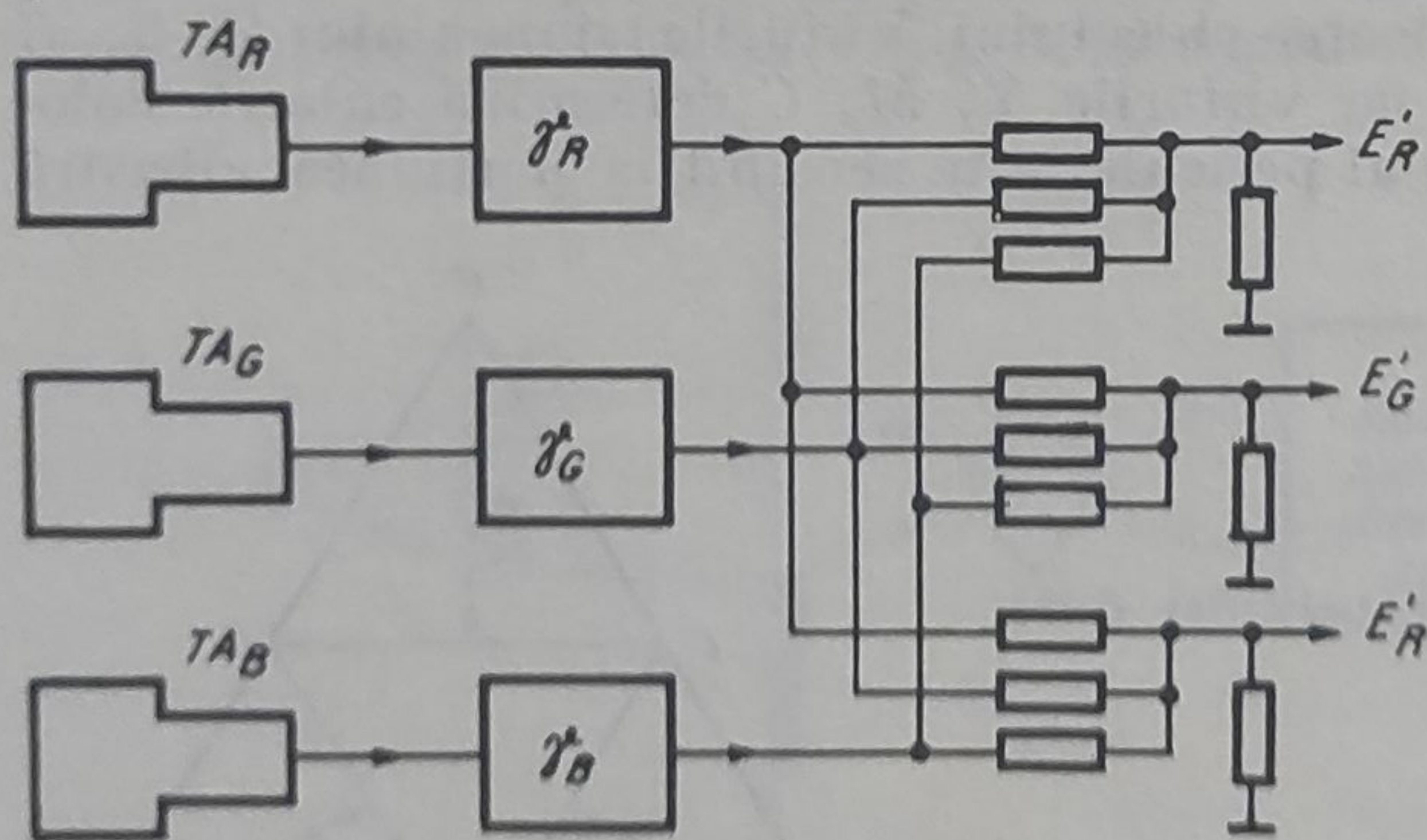


Fig. 10.4. Schema de obținere a semnalului de transmisie a filmelor de pe pelicula color negativă.

semnalele produse de tuburile analizoare au fost trecute prin circuitele de corecție gamma. Semnalele E'_R , E'_G , E'_B , transmise prin sistemul de televiziune, permit reproducerea culorilor pe tubul cinescop conform culorilor originalului.

ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII IMAGINII LA TRANSMITEREA FILMELOR COLOR

Așa cum s-a arătat, în televiziunea în culori strălucirea maximă a culorilor saturate este cu mult mai mare decît pe pelicula de film pozitivă. Pentru o

reproducere corectă a culorilor întunecate și saturate de pe pelicula de film, este necesar să se mărească strălucirea lor pe ecranul tubului cinescop, ceea ce este echivalent cu scăderea gamei densității optice a imaginii pe film. În acest scop, s-a propus ca la ieșirile tuburilor analizoare să se conecteze un dispozitiv de corecție (DC) care să aibă coeficientul K dependent de densitatea optică și de saturația culorilor filmului ($K \geq 1$).

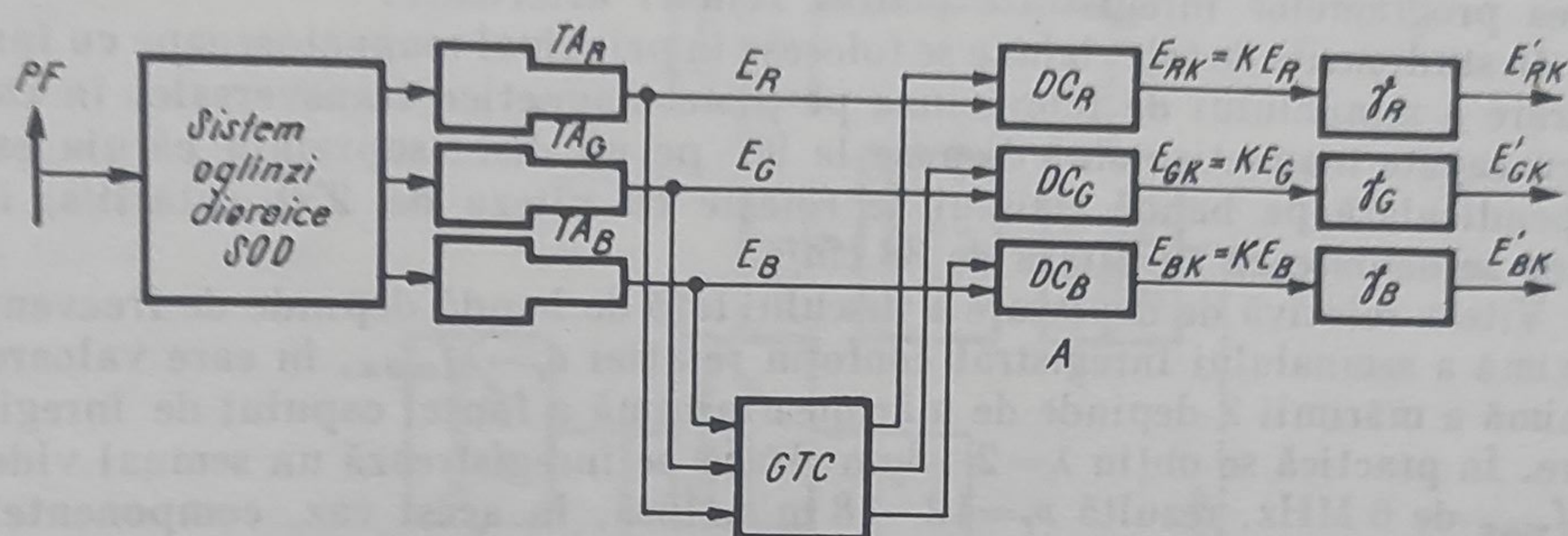


Fig. 10.5. Schema de corecție automată a strălucirii culorilor saturate.

În fig. 10.5 este arătată conectarea unui asemenea dispozitiv, comandat de tensiunea dată de un generator de tensiune de comandă (GTC). Tensiunea de comandă a acestuia din urmă depinde de mărimea semnalelor E_R , E_G , E_B .

În cazul în care se folosesc pelicule de film cu gamă mare a densității optice, mărimea strălucirii imaginii de pe cinescop pentru culorile întunecate de pe film se poate realiza cu ajutorul corecției gamma. Trebuie avut în vedere că în acest caz scade saturația culorilor pe imaginea de pe cinescop. Acest inconvenient poate fi depășit folosind o matrice corectoare (MC), conectată după corectorul gamma.

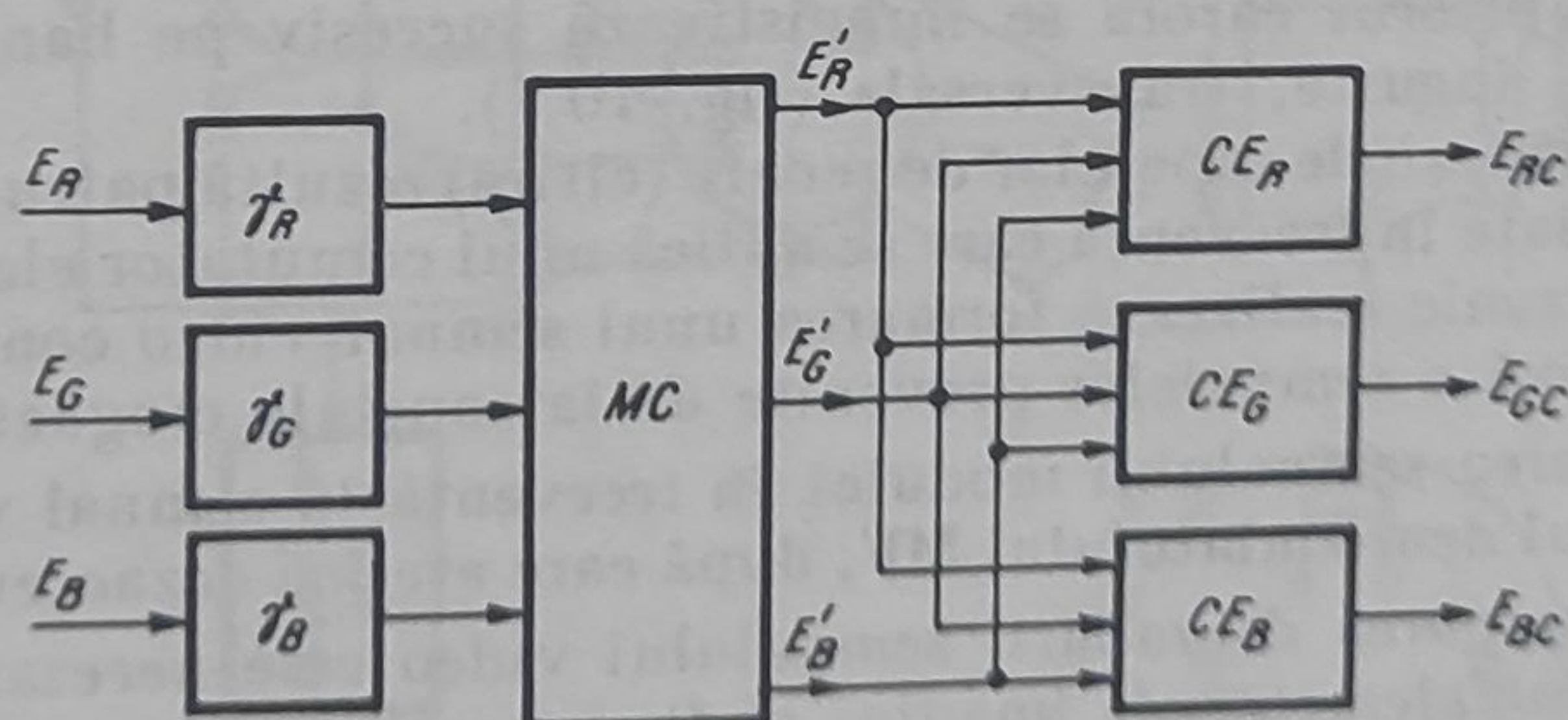


Fig. 10.6. Schema de corecție a strălucirii și saturației la transmisia filmelor color.

Distorsiunile care apar la transmisia filmelor color pe televizoarele în culori pot fi reduse folosind corecția electronică de culoare (CEC), așa cum este arătată în fig. 10.6. În fiecare celulă corectoare, semnalele se adună prin matriciere. Coeficienții acestor matrici se determină la vizualizarea filmului pentru fiecare scenă, valoarea lor apoi se înregistrează într-o memorie, iar în procesul de emisie valorile lor sînt scoase automat din această memorie.

10.2. ÎNREGISTRAREA MAGNETICĂ A SEMNALELOR DE TELEVIZIUNE ÎN CULORI

Înregistrarea semnalului de televiziune pe bandă magnetică a căpătat o largă răspîndire în producția programelor de televiziune. Acest mod de înregistrare permite asigurarea unei mai bune calități a imaginii reproduse și păstrarea programelor înregistrate pentru reluări ulterioare.

În studiourile de televiziune se folosesc în principal magnetoscoape cu înregistrare a semnalului de televiziune pe piste magnetice transversale, în care patru capete magnetice sînt dispuse la 90° pe un disc, suprafața căruia este perpendiculară pe bandă. Discul se rotește cu viteza de 250 rotații/s, iar banda se deplasează cu viteza de 38 cm/s.

Viteza relativă de deplasare a discului față de bandă depinde de frecvența maximă a semnalului înregistrat conform relației $v_r = \lambda f_{max}$, în care valoarea minimă a mărimii λ depinde de mărimea minimă a fantei capului de înregistrare. În practică se obțin $\lambda = 2-3 \mu\text{m}$. Dacă se înregistrează un semnal video cu f_{max} de 6 MHz, rezultă $v_r = 12-18$ m/s. Însă, în acest caz, componentele de joasă frecvență ale semnalului video vor fi redată cu distorsiuni deoarece forța electromotoare indusă în bobina capului de înregistrare scade cu micșorarea frecvenței semnalului.

Din această cauză înregistrarea semnalelor video nu se face direct, ci se folosește modulația în frecvență astfel încît spectrul semnalului modulat va fi cuprins între 2-15 MHz. În acest caz, $v_r = (2-3) \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 10^6 = (30-45)$ m/s.

Prin folosirea circuitelor de preaccentuare și dezaccentuare (după demodulare) video se realizează o micșorare substanțială a zgomotului produs, în principal, de structura granulară a materialului magnetic al benzii.

De asemenea, utilizarea modulației de frecvență permite eliminarea variațiilor amplitudinii semnalului care apar în special la viteze mari de deplasare a benzii față de capul magnetic.

Semnalul modulat în frecvență alimentează simultan cele patru capete magnetice, cu ajutorul cărora se înregistrează succesiv pe bandă grupuri de cîte patru piste înguste, transversale (fig. 10.7).

La redare, la ieșirile capetelor de redare (citire) rezultă patru semnale video succesive modulate în frecvență care se aplică unui comutator electronic. Acest comutator electronic realizează formarea unui semnal video continuu prin comutarea succesivă a semnalelor provenite de la capetele magnetice.

Transformarea semnalului modulat în frecvență în semnal video se realizează cu ajutorul demodulatorului MF, după care are loc dezaccentuarea video.

Pentru eliminarea degradării semnalului video este necesar ca la redare durata între două elemente de imagine să fie aceeași cu cea de la înregistrare. În realitate, însă, această condiție poate fi nerespectată din cauză că vitezele de deplasare ale capetelor față de banda magnetică pot fi diferite la înregistrare și redare. Aceasta are loc datorită forțelor de frecare dintre bandă și discul cu capete, datorită instabilității frecvenței tensiunii de alimentare a motorului de acționare a discului cu capete sau a celui de acționare a benzii magnetice, cît și altor cauze. Pentru a diminua fenomenul de apariție a erorilor de timp se folosește un sistem automat de reglare a vitezei servomotoarelor. Acest sistem automat este compus dintr-un comparator de frecvență și fază prin intermediul căruia se compară un semnal de control de 250 Hz, citit de banda

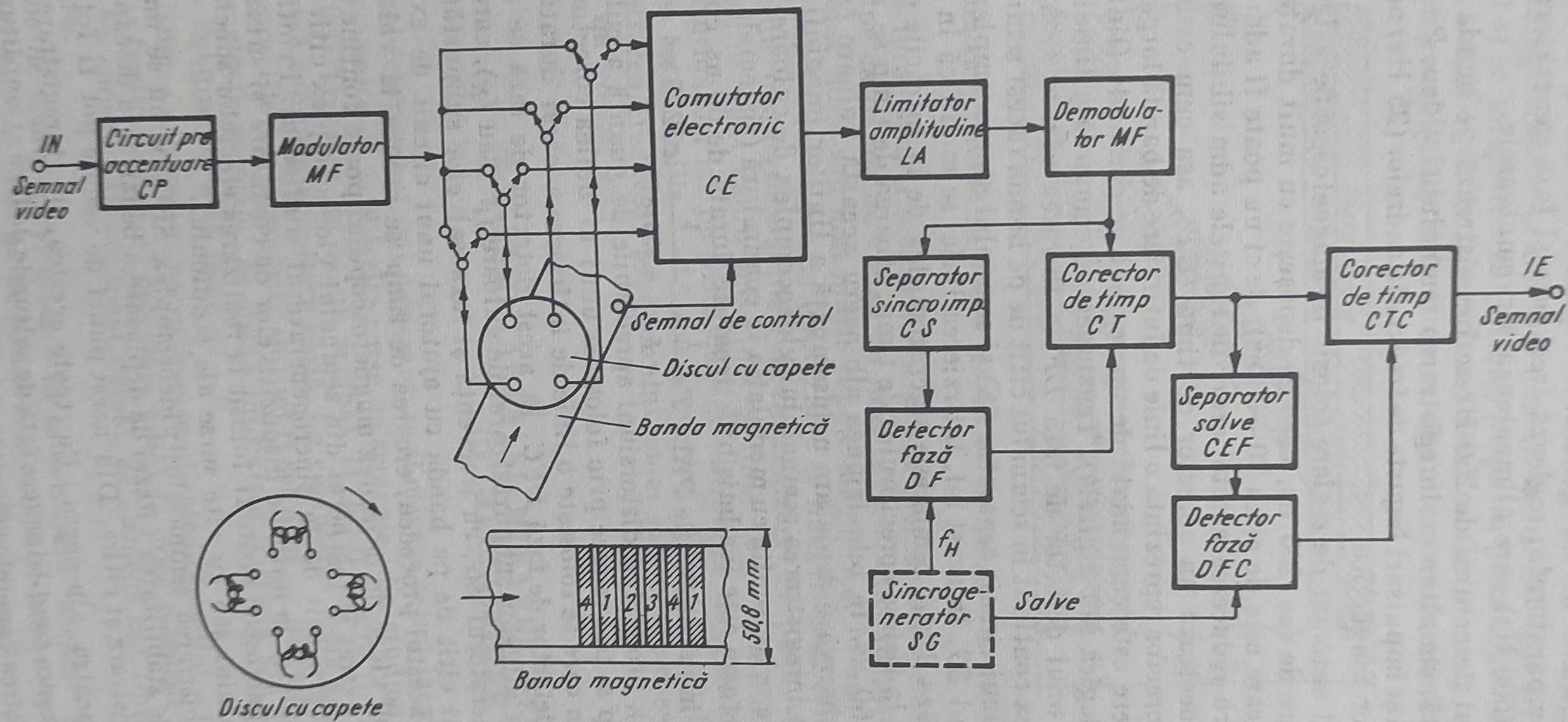


Fig. 10.7. Schema structurală a magnetoscopului.

magnetică simultan cu semnalul video, cu un semnal etalon de aceeași frecvență (250 Hz), furnizat de un generator separat. Tensiunea de eroare rezultată la ieșirea comparatorului reglează frecvența și faza generatorului de tensiune alternativă (500 Hz) care alimentează servomotoarele.

Semnalul de control de 250 Hz se înregistrează pe banda magnetică pe o pistă separată, simultan cu înregistrarea semnalului video. Pe această pistă se înregistrează și impulsuri înguste de frecvență cadrelor (25 Hz) necesare la montajul benzilor magnetice.

Sistemul automat de reglare folosit în magnetoscoape asigură o eroare de timp la redare de cca 200 ns, ceea ce depășește cu mult durata unui element de imagine (care este de circa 70–80 ns), de ci nu poate fi admisă o asemenea eroare. Pentru reducerea acestei erori în limitele admisibile, în canalul de redare se conectează un corector de timp (CT), așa cum este arătat în fig. 10.7. Acest corector reprezintă o linie de întârziere de bandă largă, a cărei durată de întârziere este comandată de un semnal de comandă (linia de întârziere poate fi analogică sau digitală). Tensiunea de comandă a liniei se obține prin intermediul unui detector de fază DF la intrarea căruia se aplică semnalul sincrocoplex conținut în semnalul citit de pe bandă (acest semnal este separat cu ajutorul unui circuit separator CS) și semnalul sincrocoplex livrat de sincrogeneratorul SG . În acest fel, întârzierea liniei se modifică în ritmul în care se schimbă faza dintre semnalele sincrocoplex de la intrările detectorului de fază. Astfel, la ieșirea corectorului de timp, eroarea de timp se reduce pînă la valoarea de 60 ns. În televiziunea alb-negru această valoare este admisă (pe imagine se observă o deplasare neînsemnată a liniilor imaginii pe orizontală). În schimb la înregistrarea semnalului videocoplex de culoare în care semnalul de culoare se transmite cu modulația în cuadratură (sistemele NTSC și PAL) o asemenea eroare este inadmisibilă deoarece durata de 60 ns corespunde unei erori de fază în jur de 90° (la PAL, $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{4,4361875} \approx 225$ ns corespunde unei faze de 360°), producînd distorsiuni apreciabile de nuanță a culorilor. Aceste erori de timp se pot reduce prin folosirea unui al doilea corector de timp celor (CTC), în care se folosește o linie de întârziere a cărei durată este comandată de un detector de fază DFC . În acest detector de fază se compară frecvența și faza salvelor subpurătoare de culoare f_p (sau f_N), care este livrată de sincrogeneratorul SG , cu frecvența și faza salvelor subpurătoare CFE , din semnalul citit de pe bandă cu ajutorul unui circuit de extragere CE . Cu ajutorul acestui procedeu, eroarea de timp se reduce la valoarea de 5 ns.

Semnalul video de la ieșirea magnetoscopului poate conține semnalul sincrocoplex, extras și regenerat din semnalul videocoplex citit de pe bandă, sau semnalul provenit de la sincrogeneratorul studiului. Printr-o fazare corectă a semnalelor la intrările dispozitivului de comutare și mixare, semnalul livrat de magnetoscop poate fi folosit la realizarea efectelor speciale sau la mixarea semnalului său cu alte surse ale studiului.

La înregistrarea semnalului videocoplex SECAM nu se impun condiții severe față de stabilitatea vitezei de deplasare a benzii față de capetele magnetice de înregistrare și citire. Din acest punct de vedere pot fi folosite magnetoscoape pentru alb-negru. Cu toate acestea, la înregistrarea semnalului SECAM se impun condiții severe față de salturile de fază și amplitudine ale semnalului la ieșirea capetelor de citire (aceste salturi trebuie să fie cit mai mici).

Operațiile de comutare și mixare în televiziunea în culori pot fie realizate principial dacă se dispune de semnalele culorilor fundamentale E_R , E_G , E_B , și aceasta doar pentru sursele din studiu. Dar și în acest caz, vehiculii din cadrul.

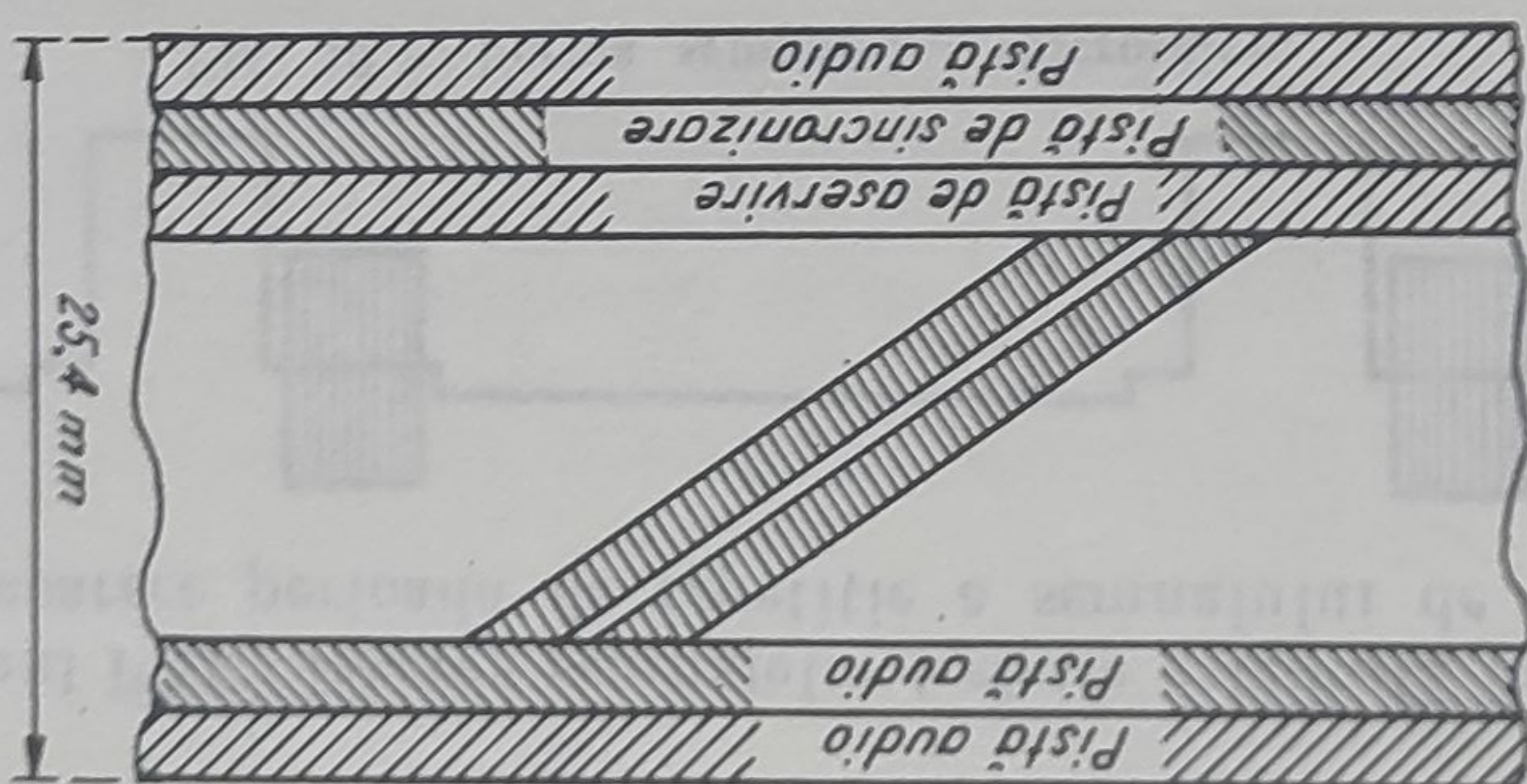
În televiziunea alb-negru, semnalele implicate în comutație trebuie să fie sincronizate și fazate pe linii și pe cadre, adică în orice moment ambele semnale trebuie să corespundă aceluiași număr de element din linie și aceleiași

Cu ajutorul echipamentului de comutare și mixare se pot introduce în emisie imagini provenite de la diferite surse de semnale (din studiu sau din exteriorul acestuia). Trecerea de la un semnal la altul poate fi realizată prin comutare bruscă sau prin comutare lentă. La comutarea lentă ambele semnale se adună, proporțiile lor în amestec putând fi schimbate. În acest caz, sint posibile diferite efecte speciale, de pildă înlocuirea parțială sau totală a unei părți dintr-o imagine cu alta imagine.

10.3. COMUTAREA ȘI MIXAREA SEMNALELOR DE TELEVIZIUNE ÎN CULORI

În tehnica înregistrării magnetice a semnalelor de televiziune se folosesc și magnetoscoape cu banda de 1 inch cu înregistrare oblică pe pistă (fig. 10.8), în care se folosesc două sau mai multe capete magnetice. În una din variante (fig. 10.8) semnalul unui cadru de televiziune se înregistrează (citește) cu ajutorul a două piste: pista video și pista de sincronizare. Pe pista video se înregistrează semnalul unui cadru începând cu linia 16 și terminând cu linia 5-a a cadrului următor, iar pe pista de sincronizare se înregistrează semnalul de sincronizare între liniile 5-16 (cu acoperire). Pistele laterale se folosesc pentru înregistrarea (redarea) programului sonor (stereo), comenzilor regizorale, codului de adrese etc.

Fig. 10.8. Structura pistelor pe banda magnetică cu înregistrare (redare) oblică.



față de calitatea benzii și față de stabilitatea distanței dintre bandă și capete pentru ca zgomotul să fie cât mai mic. Banda de înregistrare este de 50,8 mm (2 inch). La o rotație a discului cu capete (1/250 s) se înregistrează (citește) pe patru piste înguste transversale semnalul video a 62,5 linii de televiziune. Deci semnalul unui cadru de televiziune se înregistrează (citește) în timp ce discul cu capete execută 10 rotații.

trebuie mixat a semnalului de luminanță E_Y și a semnalelor de cromaticitate D_R și D_B și prin mixarea lor separată. După efectuarea operației de mixare, aceste neajunsuri pot fi depășite numai prin separarea din semnalul ce

trebuie mixat a semnalului de luminanță E_Y și a semnalelor de cromaticitate D_R și D_B și prin mixarea lor separată. După efectuarea operației de mixare, aceste neajunsuri pot fi depășite numai prin separarea din semnalul ce trebuie mixat a semnalului de luminanță E_Y și a semnalelor de cromaticitate D_R și D_B și prin mixarea lor separată. După efectuarea operației de mixare, aceste neajunsuri pot fi depășite numai prin separarea din semnalul ce

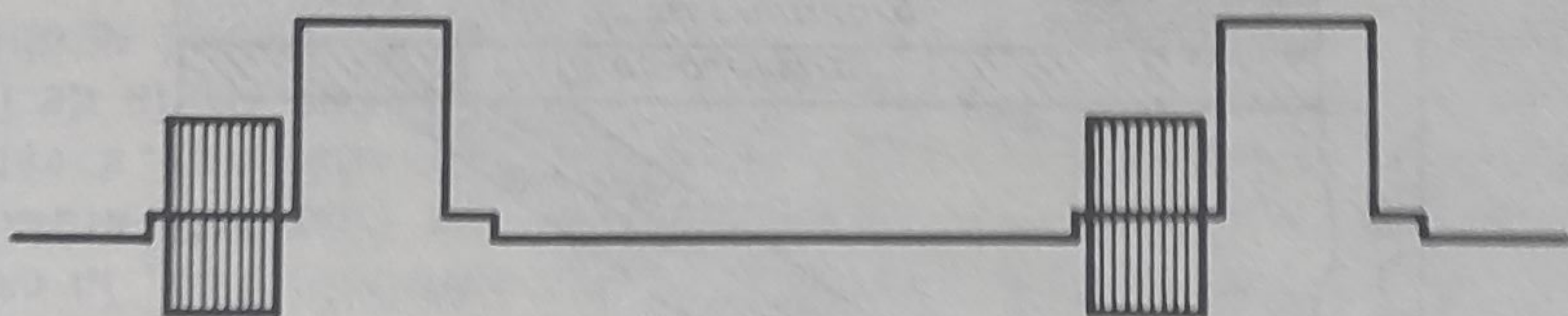
COMUTAREA ȘI MIXAREA ÎN SISTEMUL SECAM

Pentru fazarea semnalelor din exteriorul studioului cu semnalele din studiu se folosesc dispozitive speciale care utilizează tehnici digitale de prelucrare a semnalelor video.

În ultimul timp, se transmit doar semnalul denumit „sincrosalve”, care este format din semnalul sincrocoplex și semnalul de salve (fig. 10.9).

În scopul fazării semnalelor care trebuie comutate sau mixate, în rețeaua de semnale a telecentrului se distribuie semnale care indică liniile în care faza salvelor de sincronizare este de $+135^\circ$ (semnalul P —impuls — fig. 8.10) și semnale care indică intervalul de transmitere a salvelor de sincronizare (semnalul K — impuls din fig. 8.10).

Fig. 10.9. Forma semnalului sincrosalve.



În sistemul PAL, fazarea semnalelor trebuie asigurată pe durata a patru semicadre, deoarece perioada de repetiție a semnalului de imagine este de

COMUTAREA ȘI MIXAREA ÎN SISTEMUL PAL

În sistemul PAL, fazarea semnalelor trebuie asigurată pe durata a patru semicadre, deoarece perioada de repetiție a semnalului de imagine este de

are loc codarea semnalelor de cromatică și formarea semnalului videocomplex de culoare.

Condiția de fazare a semnalelor implicate în comutare și mixare este asigurată în studiu prin distribuția unor semnale speciale de sincronizare. În comparație cu sistemul PAL, aparatura de comutare și mixare a semnalelor codate în sistemul SECAM este mult mai complicată și calitatea imaginii este mult mai slabă.

Etajele și subansamblurile specifice televizorului în culori trebuie să fie atacate de semnale a căror distorsiuni de amplitudine și fază să fie cât mai mici, iar liniaritatea și stabilitatea să fie mai bune decât performanțele similare ale televizoarelor alb-negru. Prin urmare rezultă condiția ca și restul etajelor

sint absolut specifice acestui televizor, fiind utilizate sub altă formă și în televizoarele alb-negru, se deosebesc totuși de circuitele din TV alb-negru din punct de vedere al semnalelor de intrare, de ieșire precum și al puterii furnizate.

Mentionăm de asemenea că circuitele din televizorul în culori, care nu este de asemenea specifică altă prin natura acestuia cit și prin dispozitivele și circuitele sale auxiliare.

Cea mai importantă piesă a televizorului în culori, cinescopul tricrom în culori. care formează semnalele de atac pentru cinescop sint specifice pentru televizorul două semnale se va efectua în circuite separate. Aceste circuite, cit și circuitele nață. Prin urmare, rezultă ca o consecință firească faptul că prelucrarea celor suma a două semnale suprapuse: semnalul de luminanță și semnalul de cromință purtătoare de radiofrecvență transmisă, semnalul video complex color, este Pe de altă parte, se știe că semnalul de videofrecvență care modulează în primul rând un bun televizor alb-negru.

de TV alb-negru. Se poate deci afirma că un televizor în culori trebuie să fie în culori trebuie să aibă posibilitatea să reproducă în bune condiții și o imagine Conform principiului compatibilității (cap. 6.4) orice receptor de TV sebiră față de un televizor alb-negru.

Atit din punct de vedere electric, constructiv, cit și al modului de fabricație, reglaj, utilizare și depanare, un televizor în culori are asemănări și deo-

11.1. PRINCIPII DE BAZĂ ȘI PARTICULARITĂȚI ÎN COMPARAȚIE CU TELEVIZORUL ALB-NEGRU

Televizorul în culori transformă semnalul modulat, de înaltă frecvență de la intrarea în televizor într-o imagine în culori, redată pe ecranul cinescopului în culori, cit mai apropiată față de scena transmisă din studioul de televiziune.

Schema bloc a televizorului în culori

Capitolul 11

Selecționarea de canale amplifică semnalul de intrare al televizorului și îl transmite în frecvența intermediară a aparatului utilizat. De obicei, în selecționarea de canale din televizorul în culori, tensiunea de acord nu este furnizată direct de la programator, ci prin intermediul unui circuit de control automat al frecvenței (CAF). Folosirea acestui circuit rezultă din cerința legată de sta-

tiv. Dacă nu se îndeplinesc aceste condiții și semnalul la bornele televizorului este mai mic decât $100-150 \mu\text{V}/75 \Omega$, televizorul nu mai poate reda corect culorile și trece în regim de alb-negru.

Circuitul de programare și de comutare a programului, utilizate în majoritatea televizoarelor în culori de fabricație recentă sunt destinate prereglerii („memorării”) benzilor de frecvență și tensiunilor de acord pentru programele care pot fi recepționate în condițiile în care funcționează televizorul respectiv.

Acastă proprietate exprimă posibilitatea de a reda pe ecranul televizorului imagini cu zgomot redus, de calitate acceptabilă, chiar și în condițiile unui semnal de recepție relativ redus.

Televizorul trebuie să aibă o foarte bună sensibilitate limitată de zgomot, antene de cîștig mare și directive, atenuarea pe fider trebuie să fie redusă, iar de impedanță între antenă și fider (cablu de coborîre) precum și între fider și lipsit de reflexii și de perturbării puternice, să se realizeze o perfectă adaptare NTSC, este necesar ca semnalul la bornele antenei să fie de cel puțin $500 \mu\text{V}$, sint mai puțin sensibile la perturbării și distorsiuni decât semnalul în sistemul lat, furnizat de antenă. Cu toate că semnalele de TV în culori PAL sau SECAM tatea recepției depinde în mare măsură de semnalul de înaltă frecvență modulat, chiar mai multor benzi, antenă fiind în acest caz de „bandă largă”. Calitatea pe frecvența respectivă, sau recepției unei benzi întregi de canale TV cepției unui singur canal sau a unui număr redus de canale, antena fiind acordată pentru recepție pentru programe transmise în culori poate fi destinată re-

Ca orice antenă utilizată pentru recepția programelor de TV alb-negru, antena de recepție pentru programe transmise în culori poate fi destinată re-

Schema bloc a televizorului în culori este reprezentată în fig. 11.1

Cu toate că nu face parte din schema propriu-zisă a televizorului se vor prezenta pentru început și câteva aspecte legate de antena de recepție utilizată pentru televizoare în culori.

11.2. FUNCȚIONAREA BLOCURILOR DINTR-UN TELEVIZOR ÎN CULORI

Înca un motiv pentru realizarea într-un mod deosebit a acestor etaje este condiția de fiabilitate. Televizorul în culori are cca $2-2,5$ ori mai multe componente decât un televizor alb-negru, puterea disipată de componente și temperatura din interiorul aparatului este mai mare, ceea ce impune să se țină cont încă din faza de proiectare a tuturor circuitelor de condițiile legate de siguranța în funcționare a aparatului.

să aibă performanțe mai bune în comparație cu performanțele etajelor similare, utilizate în televizoare alb-negru.

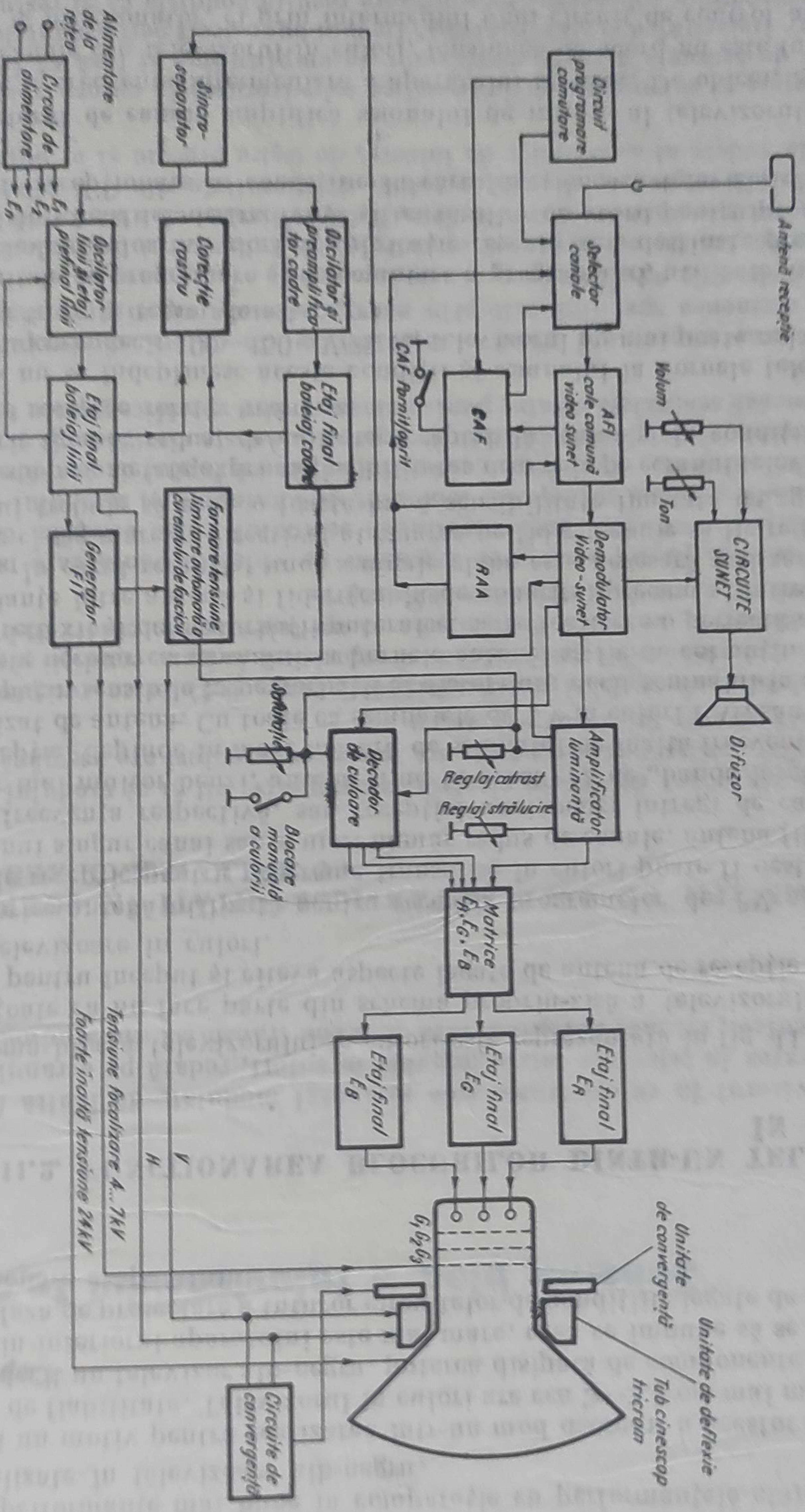
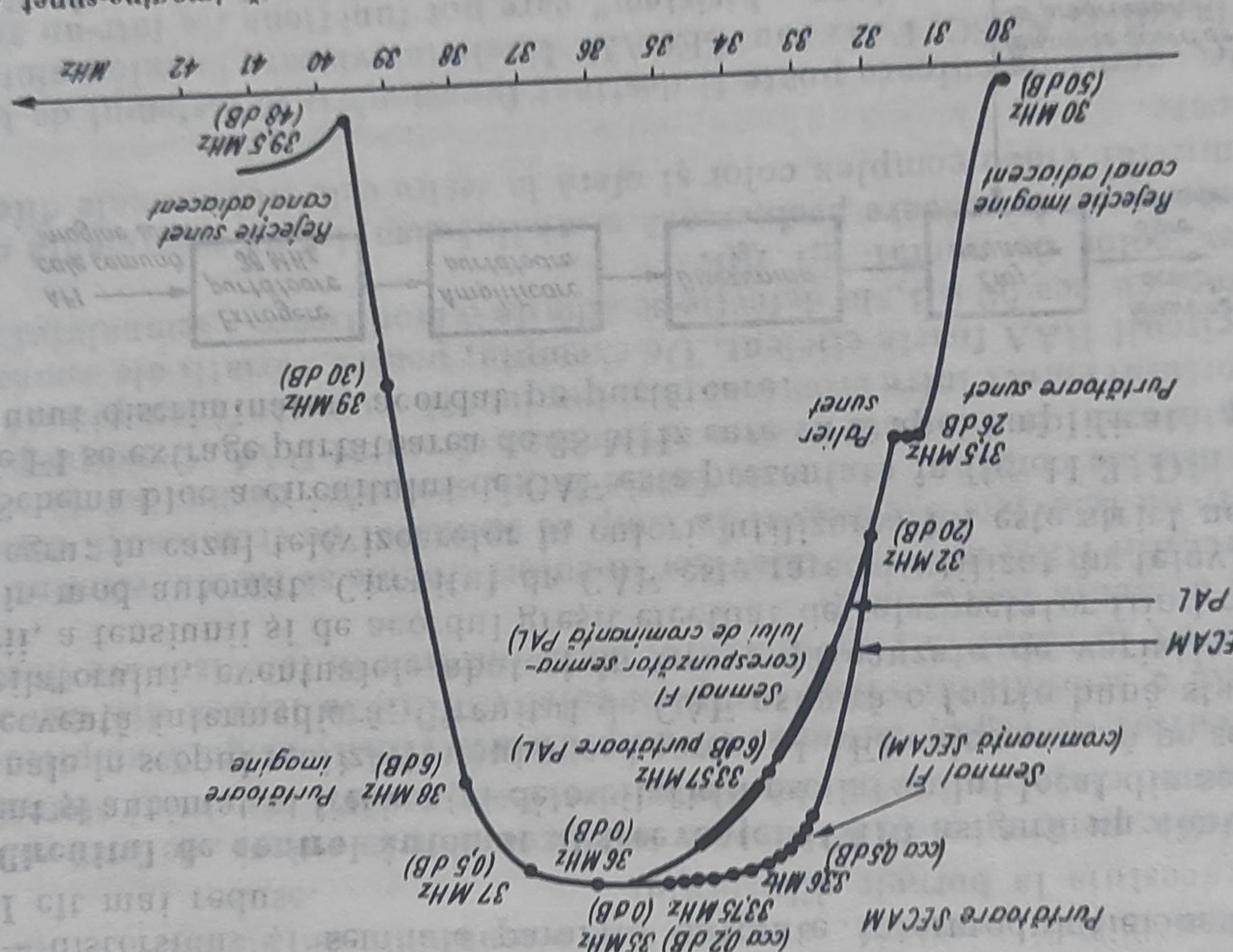


Fig. 11.1. Schema bloc a unui televizor în culori.

Constatăm că purtătoarea de imagine (38 MHz) se află pe „flancul Nyquist” la 6 dB față de palier, frecvența intermediară sunet (31,5 MHz) se află în „rejecția sunet”, care are un nivel de cca 26 dB față de palier. O importanță deosebită are poziția frecvenței corespunzătoare subpurtătoarei respectiv a subpurtătoarelor de culoare. Problema se pune diferit în cazul sistemului PAL și SECAM.

Fig. 11.2. Caracteristica amplitudine-frecvență a AFI cale comună imagine-sunet a unui televizor în culori.



reprezentată în fig. 11.2. Caracteristica amplitudine-frecvență a televizorului. Caracteristica filtrului este filtrul de selectivitate al AFI cale comună stabilește în mare măsură caracteristica amplitudine-frecvență a televizorului. Caracteristica filtrului este

virf se utilizează amplificarea cu două căi separate. majorității televizorilor în culori. Numai pentru aparate cu performanțe de amplificatorului de frecvență intermediară „cale comună” se utilizează în cazul imaginii precum și a semnalului de frecvență intermediară sunet. Varianta fixării selective și automat reglabile a semnalului de frecvență intermediară amplificatorului de frecvență intermediară video-sunet este destinat amplif. bune condițiuni a unor semnale slabe sau foarte puternice. automat al amplificării (RAA) într-o plajă foarte largă, în scopul recepției în televizorilor în culori este factorul de zgomot redus și posibilitatea de reglaj O cerință specifică pentru selectorul de canale utilizat pentru echiparea fixat cu mai mult decît +1 ... -2 dB. amplitudinea purtătoare de culoare și a purtătoare de imagine să nu fie modificat în culori trebuie să fie suficient de uniformă pentru ca raportul între Caracteristica amplitudine-frecvență a selectorului de canale din televizor pentru o variație a temperaturii între 25 și 40°C. bilitatea frecvenței oscilatorului local, care trebuie să fie mai bună decît ±150

În sistemul PAL, este necesar ca un eventual dezaord al televizorului, deci o deplasare a frecvenței 38 MHz = 33,57 MHz pe flancul posterior al curbei să nu modifice „proporția” între amplificările benzii laterale superioare și benzii laterale inferioare care este uneori compensată cu filtrul de cromație descris în cap. 13.2. Din această cauză, frecvența de 33,57 MHz va fi situată pe flancul posterior la cca 6 dB față de patier.

În sistemul SECAM, eventualele modificări ale proporției benzilor laterale ale semnalelor de crominanță nu afectează buna funcționare a decodorului, deoarece în SECAM semnalele sunt supuse înainte de demodulare unei limitări de amplitudine. Din această cauză se va realiza o caracteristică similară cu cea cunoscută din televiziunile alb-negru, frecvențele de 38 MHz = 33,6 MHz și 38 MHz = 33,75 MHz fiind situate aproximativ la „cotul” curbei. În cazul televiziunilor în culori „bisistem” destinate recepției sistemului PAL sau SECAM, caracteristica amplitudine-frecvență este corespunzătoare recepției PAL, fie că este cu comutare automată.

Alte cerințe speciale pentru AFI caile comune utilizat în televizorul în culori față de cerințele în TV alb-negru sunt:

- stabilitate bună a caracteristicii amplitudine-frecvență;
- plajă mare de reglaj a amplificării;
- distorsiuni și semnale parazite datorate intermodulației semnalelor de FI cit mai reduse.

Circuitul de control automat al frecvenței (CAF) asigură un control permanent și automat al frecvenței de oscilație a oscilatorului local din selectorul de canale în scopul realizării unui acord corect al AFI caile comune pe semnalul de frecvență intermediară. Circuitul de CAF asigură o foarte bună stabilitate a oscilatorului, eventualele abateri în frecvență cauzate de variația temperaturii, a tensiunii și de acordul greșit efectuat de telespectator fiind compensate în mod automat. Circuitul de CAF este rareori utilizat în televiziunile alb-negru; în cazul televiziunilor în culori, utilizarea lui este strict necesară. Schema bloc a circuitului de CAF este prezentată în fig. 11.3. Din semnalul de FI se extrage purtătoarea de 38 MHz care va fi apoi amplificată și aplicată unui discriminator, acordat pe purtătoare.

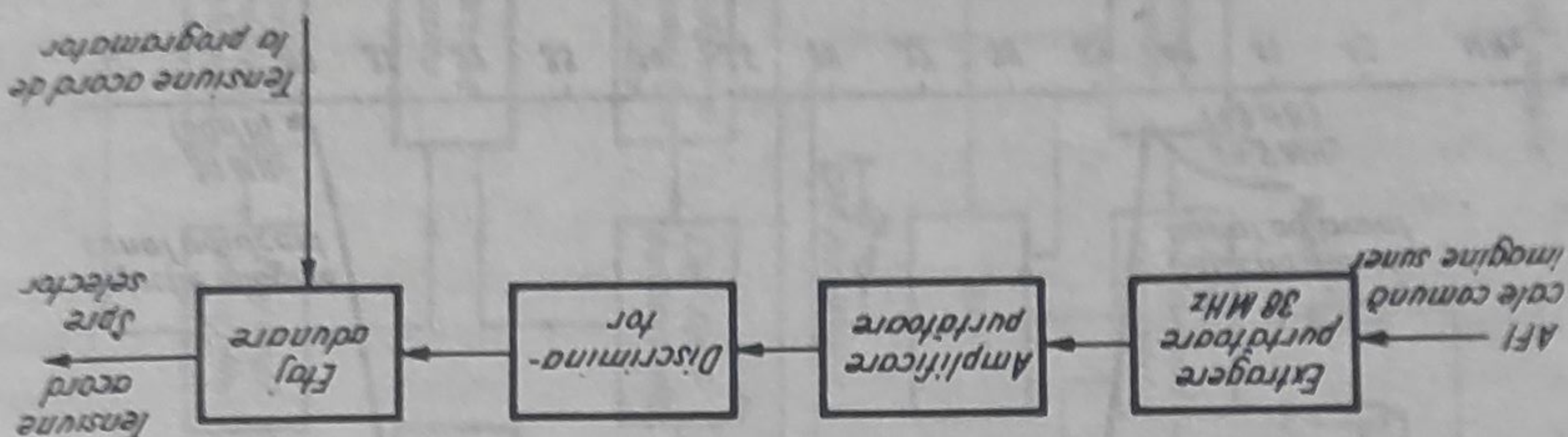


Fig. 11.3. Schema bloc a circuitului de CAF.

Tensiunea de ieșire a acestui discriminator este apoi adunată cu tensiunea prereglată în programator și aleasă de telespectator, la ieșire rezultând o tensiune de acord corectă, egală exact cu tensiunea necesară pentru acordul selectorului pe frecvența necesară.

În cazul unui eventual dezaord al oscilatorului, frecvențele purtătoare de imagine, crominanță și sunet vor fi după etajul de amestec diferite de 38 MHz, 33,57 MHz și respectiv, 31,5 MHz. În cazul în care purtătoarea de imagine

va avea o frecvență diferită de 38 MHz, deci diferența de frecvență de zero a discriminatorului, tensiunea de ieșire a acestuia va fi diferită de zero, semnul ei va coincide cu cel al dezacordului oscilatorului. După adunarea tensiunii de acord provenite de la programator cu tensiunea de corecție obținută în discriminador rezultă tensiunea de acord care va fi aplicată selectorului, rezultând astfel un acord pe canalul dorit.

Din cauza faptului că uneori este util să se scoată circuitul de CAF din funcțiune, acest circuit va fi citeodată comandat cu ajutorul unui buton situat pe panoul frontal al televizorului.

Demodulatorul semnalelor de FI furnizează semnalul de luminanță, semnalul complet de crominanță precum și semnalul interpuțătoare de sunet rezultat în urma intermodulației între puțătoarea de imagine (38 MHz) și de sunet (31,5 MHz). Semnalul rezultat este format dintr-o puțătoare de 6,5 MHz modulată în frecvență (MF) cu semnalul de audiofrecvență. În unele televizoare în culori se utilizează demodularea separată a semnalului de luminanță și complet de crominanță pe de o parte și a semnalului de sunet pe de altă parte. Astfel se evită întrepătrunderea semnalelor de crominanță și de sunet și apariția unui semnal puțurbaor de 6,5 MHz—4,43 MHz—2,07 MHz.

Calea de sunet este destinată amplificării semnalului interpuțătoare de sunet, demodulării acestuia, amplificării semnalului de audiofrecvență și aplicării acestuia la bornele difuzorului.

Specific pentru calea de sunet a televizoarelor în culori „de lux” este utilizarea unor etaje de înaltă fidelitate, destinate redării sunetului stereofonic. Circuitul de reglaj automat al amplificării (RAA) asigură amplitudinea constantă a semnalului video complex color (SVCC) la ieșirea din demodulatorul de FI în cazul în care semnalul de la intrarea în televizor are fluctuații într-un domeniu foarte larg.

Circuitul RAA dintr-un televizor în culori trebuie să fie mai eficient decît cel dintr-un televizor alb-negru. În timp ce semnalul de crominanță din decodor va rămîne constant în limite foarte largi, semnalul de luminanță rămîne constant numai în limitele în care acționează circuitul RAA. Condiția păstrării raportului corect între crominanță și luminanță nu poate fi îndeplinită decît cu un circuit RAA foarte eficient. De exemplu, pentru variații ale semnalului de intrare cu cca 50 dB, la detecție se admite o modificare a semnalului video complex color de numai ± 1 dB.

Decodorul de culoare prelucrează semnalul complet de crominanță extras din semnalul video complex color și oferă la ieșire cele trei semnale diferența de culoare.

Decodorul de culoare poate fi destinat funcționării în sistemul de televiziune în culori NTSC, PAL sau SECAM. Unele televizoare în culori sînt echipate cu decodare de culoare „bisistem” care pot funcționa fie într-un sistem, fie în altul, comutarea necesară efectuîndu-se de obicei automat. În Europa se utilizează deseori televizoare în culori PAL-SECAM. Asupra decodării de culoare se acționează de obicei cu ajutorul reglajului de saturație și cu butonul de blocare manuală a culorii, a cărui semnificație se va explica în cap. 13.

Practic s-a constatat că o reducere a contrastului, deci a semnalului de luminanță corespunzător, fără o reducere simultană a saturației, ar produce imagini suprasaturate, redarea culorilor ar deveni incorectă. De aceea există

în cazul majorității televizoarelor în culori un reglaj de saturație manual, utilizat direct de telespectator, precum și o reglare automată care intră în funcțiune odată cu reglarea contrastului. Se poate deci afirma că și reglajul de contrast acționează asupra decodorului de culoare.

În cazul decodorului pe sistemul NTSC se acționează asupra acestui circuit și cu ajutorul reglajului de nuanță.

Decodoarele de culoare PAL și SECAM vor fi descrise pe larg în cadrul cap. 13.

Amplificatorul de luminanță prelucrează semnalul de luminanță, parte componentă a semnalului video complex color. Asupra amplificatorului de luminanță se acționează cu reglajul de contrast, de strălucire și de blocare automată sau manuală a culorii, în scopul unei eventuale scoateri din funcțiune a circuitului de rejecție pentru semnalul complet de cromaticitate.

Asupra acestui amplificator acționează și tensiunea de limitare automată a curentului de fascicul prin suprapunere cu tensiunea de reglaj a contrastului.

Amplificatorul de luminanță va fi tratat în cap. 14.

Matricea RGB este comandată de cele trei semnale diferență de culoare și semnalul de luminanță, cu scopul de a forma semnalele primare de culoare. În cazul televizoarelor în culori moderne, echipate cu circuite integrate, matricea se utilizează și pentru ajustarea punctului de alb și de negru, problemă tratată în cap. 12 și 15.

Etajele finale RGB amplifică cele trei semnale primare de culoare care vor ataca tubul cinescop în culori în scopul redării pe ecran a imaginii transmise din studio. Cele trei etaje finale sînt realizate foarte asemănător sau identic. Ele sînt tratate în cap. 15.

Sincroseparatorul extrage impulsurile de sincronizare linii și cadre din semnalul video complex color în scopul asigurării unei sincronizări cît mai bune a generatoarelor de baleiaj.

Cerințe importante pentru sincroseparatorul utilizat în televizorul în culori sînt:

- separarea informației de sincronizare din SVCC, fără vreo influență a conținutului de imagine;
- constanța poziției și duratei impulsurilor separate;
- suprimarea influenței perturbatoare a zgomotului.

Oscilatorul și preamplificatorul cadre generează impulsurile necesare pentru comanda etajului final de baleiaj cadre. O cerință esențială pentru aceste circuite din televizorul în culori este stabilitatea foarte bună a frecvenței semnalelor generate.

Etajul final de baleiaj cadre furnizează curentul necesar pentru generarea cîmpului magnetic care asigură deflexia fascicului de electroni pe verticală și curentul de atac pentru circuitele de corecție de rastru est-vest și convergență dinamică.

Curentul în formă de dinte de ferăstrău trebuie să fie foarte liniar și stabil urmînd ca după aceea să fie supus unei modulări cu un curent de frecvență liniilor, dacă tubul cinescop necesită o corecție nord-sud.

În prezent se utilizează etajele finale cu tranzistoare funcționînd în clasă B sau cu circuite integrate care conțin tranzistoare care au un rol similar.

Oscilatorul linii și etajul prefinal linii generează impulsurile necesare pentru atacul etajului final linii. Pentru a obține o frecvență stabilă, insensibilă la perturbații este necesar să se utilizeze circuite cu bucle de sincroni-

zare. O schemă bloc cu două bucle de reglare a fazei este prezentată în fig. 11.4.

Prima buclă de reglare a fazei conține comparatorul de fază 1 care furnizează o tensiune de reglaj în funcție de defazajul între impulsurile provenite de la separator și de la oscilatorul liniei. Tensiunea se transmite printr-un fil-

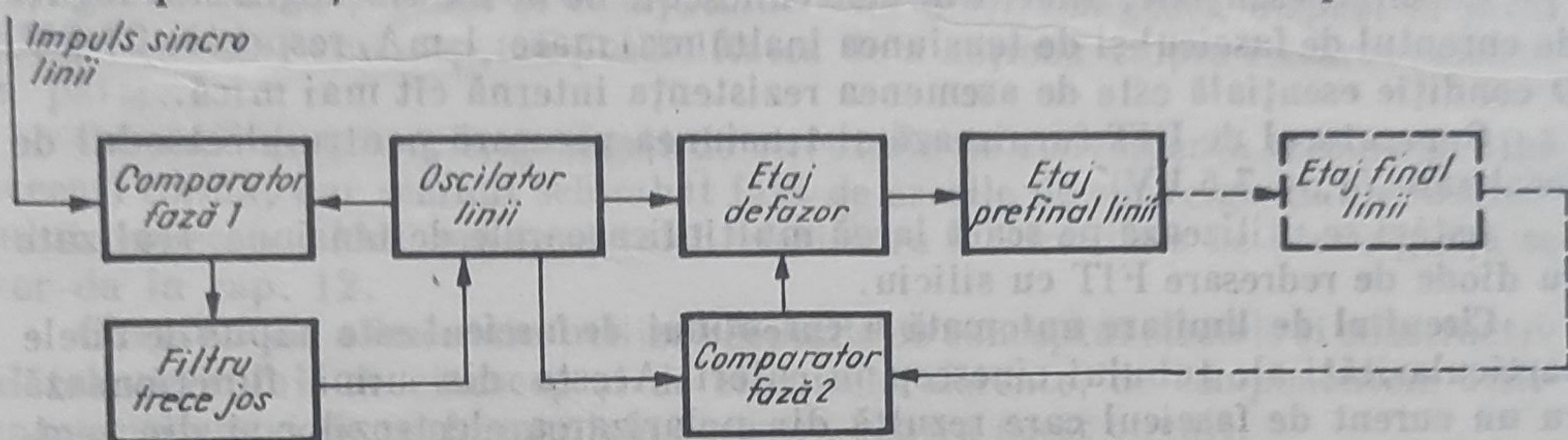


Fig. 11.4. Schema bloc a oscilatorului liniei cu două bucle de sincronizare.

tru trece jos spre oscilator în scopul sincronizării corecte a oscilației generate. A doua buclă de reglaj controlează și corectează poziția relativă, în timp, a impulsurilor generate de oscilator și a impulsurilor de întoarcere provenite de la etajul final de baleiaj liniei. Tensiunea rezultată din această comparație se aplică etajului defazor care corectează faza semnalului. Din cauza faptului că etajele descrise nu pot furniza curentul de atac necesar pentru etajul final de baleiaj liniei se intercalează un etaj prefinal.

Etajul final de baleiaj liniei generează curentul în formă de dinte de ferăstrău, utilizat pentru formarea cîmpului magnetic de deflexie a fasciculului de electroni pe orizontală.

Impulsurile de tensiune furnizate de transformatorul liniei se utilizează pentru circuitul de generare a tensiunii foarte înalte (FIT), pentru alimentarea tubului cinescop și obținerea tensiunii de focalizare, pentru comanda unor circuite din televizor, ca circuitul de RAA, decodorul de culoare, amplificatorul de luminanță, circuitul de reglare a nivelului de negru, comparatorul de fază pentru sincronizarea oscilatorului liniei, corecția de rastru nord-sud și convergența dinamică.

În unele televizoare în culori se utilizează impulsurile de întoarcere liniei și pentru producerea unor tensiuni continue, de alimentare a unor etaje din televizor, prin redresare.

Din cauza modului special cum se realizează în televizoarele în culori corecția de rastru este necesar ca forma curentului în dinte de ferăstrău să fie modulabilă cu un semnal de frecvența cadrelor, format în mod special în acest scop (corecție est-vest).

Avînd în vedere că energia de deflexie și de producere a foarte înaltei tensiuni pentru tubul cinescop în culori sînt mai mari decît pentru un tub cinescop alb-negru, precum și din cauza faptului că puterea corespunzătoare reprezintă mai mult decît 50% din puterea absorbită de întregul televizor, o condiție esențială a fost reducerea treptată a puterii consumate.

În timp ce întregul etaj final de baleiaj liniei incl. generatorul FIT al unui televizor alb-negru consumă cca 20 W, puterea similară pentru un televizor în culori echipat cu tuburi a fost de cca 100 W, pentru un TV în culori echipat cu tranzistoare și circuite integrate, cu tub cinescop modern este de cca 45 W.

Generatorul de foarte înaltă tensiune (FIT) furnizează tensiunea necesară pentru alimentarea anodului tubului cinescop în culori, obținută prin redresarea impulsurilor de întoarcere linii, extrase din secundarul transformatorului linii.

Cerințele esențiale, diferite de cele cunoscute de la TV alb-negru sînt legate de curentul de fascicul și de tensiunea înaltă mai mare: 1 mA, respectiv 24 kV. O condiție esențială este de asemenea rezistența internă cît mai mică.

Generatorul de FIT furnizează și tensiunea necesară pentru electrodul de focalizare (4,5—7,5 kV).

Astăzi se utilizează pe scară largă multiplicatoarele de tensiune, realizate cu diode de redresare FIT cu siliciu.

Circuitul de limitare automată a curentului de fascicul este impus de unele particularități ale tubului cinescop în culori. Acesta din urmă funcționează cu un curent de fascicul care rezultă din polarizarea electrozilor și din semnalul de comandă al acestuia. Pe de altă parte, fabricantul de tuburi cinescop în culori indică un curent de fascicul maxim, dar utilizabil în regim permanent. Acest curent nu trebuie să fie depășit în funcționarea televizorului, atît din motive de protecție a cinescopului, cît și din cauza faptului că la curenți de fascicul foarte mari scade în mod considerabil focalizarea imaginii redată.

Practic s-a dovedit că cel mai adecvat mod de a limita curentul de fascicul este controlul automat al nivelului de alb, deci al contrastului imaginii. Generatorul de FIT va furniza o tensiune de reglaj care este strict dependentă de curentul de fascicul. Aceasta urmează să fie aplicată circuitului de reglaj al contrastului prin intermediul circuitului de limitare automată a curentului de fascicul. Acest circuit trebuie să îndeplinească condițiile: să nu influențeze deloc contrastul pentru curenți de fascicul mici și să reducă contrastul dacă curentul de fascicul trece de un anumit prag. Precizăm că și în condițiile reducerii contrastului de către circuitul de limitare automată a curentului de fascicul, reglajul manual de contrast poate fi utilizat normal de către telespectator, contrastul maxim obținabil fiind însă mai mic, în funcție de curentul de fascicul.

Cîteodată curentul mediu de fascicul este mic, imaginea este întunecată, dar în anumite zone ale imaginii apar detalii fine, extrem de strălucitoare. În acest caz nu intră în funcțiune limitarea descrisă mai sus; vîrfurile de curent de fascicul care apare însă în zona detaliilor strălucitoare va produce o imagine defocalizată. Pentru a evita acest fenomen nedorit se utilizează și o „limitare de vîrf” a curentului de fascicul prin reducerea automată a nivelului de alb corespunzător unor detalii deosebit de strălucitoare, chiar dacă curentul de fascicul mediu se află sub valoarea critică.

Circuitele de corecție de rastru modifică forma curenților de deflexie linii și cadre în scopul compensării distorsiunilor geometrice ale rastrului tubului cinescop.

În cazul televizoarelor în culori alb-negru a fost posibil ca distorsiunile de pernă să fie corectate cu ajutorul unor magneți permanenți, suplimentari, care reduceau deviația fasciculelor pe diagonale. În cazul tubului cinescop în culori este imposibil să se utilizeze acest procedeu, deoarece ar apare niște erori de puritate a culorii care n-ar mai putea fi corectată niciodată.

Distorsiunea de rastru a tubului cinescop în culori nu poate fi corectată decît prin modularea corespunzătoare a curenților de deflexie. Aceste probleme vor fi detaliate în cap. 12.

Circuitele de convergență sînt specifice televizorului în culori, modul lor de realizare și funcționare fiind dictat de tipul cinescopului utilizat.

Corecția erorilor de convergență, deci a erorilor de incidență a celor trei fascicule de electroni într-un punct comun se realizează cu ajutorul unor magneți permanenți, precum și cu ajutorul unor electromagneți, dispuși în jurul gîtului tubului cinescop, cu posibilitatea de a acționa asupra fiecărui fascicul în parte.

Curenții de corecție, generați de circuitele de convergență trebuie să aibă aceeași formă, dar semnul schimbat față de erorile de convergență ale fasciculului respectiv. Mai multe detalii referitoare la circuitele de convergență se vor da în cap. 12.

Circuitul de alimentare utilizat depinde de conceptul electric și constructiv al televizorului, de cinescop și de circuitele aferente, de componentele utilizate, precum și de performanțele necesare pentru acest circuit.

Indiferent de varianta utilizată se pot preciza următoarele condiții pentru un circuit de alimentare utilizat într-un televizor în culori:

- Randamentul circuitului de alimentare trebuie să fie foarte bun (se tinde spre 75%). În acest caz, puterea absorbită de la rețea pentru întregul televizor va fi mai mică și piesele vor fi mai puțin încărcate. Tensiunile vor fi furnizate la valori cît mai apropiate de valorile necesare pentru alimentarea fiecărui etaj, fie că vor fi obținute din circuite de alimentare auxiliare (de ex. prin redresarea unor impulsuri linii).

- Tensiunile de alimentare să fie stabilizate la variații ale tensiunii de alimentare de la rețea de cel puțin $-20\% \dots +10\%$.

- Circuitul să asigure separarea televizorului de la rețea, ceea ce înseamnă că între rețea și șasiu va fi intercalat un transformator separator.

- Alimentatorul va furniza la pornirea televizorului în culori curentul de demagnetizare a părților metalice ale cinescopului (se va reveni asupra acestei probleme în cap. 12).

- Circuitul de alimentare trebuie să fie protejat la suprasarcini. Nu este permis ca alimentatorul să se defecteze din cauza unor alte defecte din televizor care supraîncarcă alimentatorul.

- Alimentatorul să fie astfel conceput încît să fie adecvat pentru utilizarea diferitelor tipuri de tuburi cinescop în culori cu același șasiu de televizor.

Tubul cinescop în culori și etajele sale auxiliare

12.1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE

Similar cu televizorul alb-negru, și televizorul în culori este destinat să funcționeze în cele mai diferite condiții de spațiu și luminozitate a mediului ambiant. Televizorul în culori va trebui să funcționeze și ziua, uneori chiar în aer liber, ceea ce impune necesitatea ca dispozitivul video-reproducător să furnizeze o imagine în culori strălucitoare, contrastată și clară, indiferent de condițiile de funcționare.

Oricare ar fi tipul de tub cinescop în culori utilizat, acesta este destinat transformării semnalelor de comandă, care conțin informația de strălucire și culoare, în energie luminoasă, în scopul redării imaginii care se află în fața dispozitivului videocaptor.

Toate tuburile cinescop în culori utilizate astăzi funcționează „aditiv“, culorile necesare se obțin prin amestecul radiației luminoase roșii, verzi și albastre. Redarea celor trei culori care produc imaginea necesară poate fi secvențială (una după alta, cu mare viteză) sau simultană, când se suprapun în fiecare moment trei imagini corespunzătoare celor trei culori fundamentale.

Tubul cinescop tricrom cu mască perforată se bazează pe suprapunerea a trei rastre de luminofoari care emit lumina roșie, verde și albastră. Excitarea luminofoarilor se face cu trei fascicule de electroni, cu baleiaj corespunzător pe orizontală și pe verticală. Prin realizarea unor străluciri ponderate a celor trei rastre ochiul va percepe culoarea rezultantă din amestecul celor trei componente, transmise din studioul prin intermediul celor trei semnale primare de culoare, inclusiv eventuale imagini alb-negru, obținute prin excitarea celor trei tipuri de luminofoari într-o proporție bine precizată.

Cele trei rastre de luminofoari sînt realizate prin gruparea „cîte trei“ a unui număr foarte mare de „puncte“ (1,2 milioane) sau „benzi“ colorate, realizîndu-se de fapt un rastru unitar de triade.

Un rol important în asigurarea traiectoriei corecte a fasciculelor de electroni îl are masca perforată care se află aproape de ecranul cu luminofoari. Maska conține un număr foarte mare de găuri sau fante verticale, fiecare corespunde unui „triplet“ de luminofoari pentru culori primare. Fasciculele necesare pentru luminofoarii aceluiasi triplet vor trece prin aceeași gaură a măștii perforate.

Prin urmare rezultă două concluzii importante:

-- Prin modularea independentă a celor trei curenți de fascicul orice punct din rastrul de roșu, verde sau albastru poate fi redat cu o intensitate maximă sau zero.

— O mare parte a electronilor emiși nu mai cad pe ecran, ci pe mască perforată.

12.2. TUBUL CINESCOP TRICROM CU MASCĂ PERFORATĂ, CU LUMINOFORII DISPUȘI ÎN „DELTA“

Acest tub cinescop se caracterizează prin faptul că centrele punctelor de luminofori de roșu, verde și albastru care corespund aceluiași triplet vor forma un triunghi echilateral, ceea ce atrage după sine ca acest tub să poarte și denumirea de „tub cinescop tricrom delta“.

O reprezentare principală a traiectoriei celor trei fascicule de electroni într-un cinescop tricrom „delta“ este aceea din fig. 12.1 (vezi planșe color). Încrucișarea fasciculelor în planul măștii și incidența fasciculelor exact pe

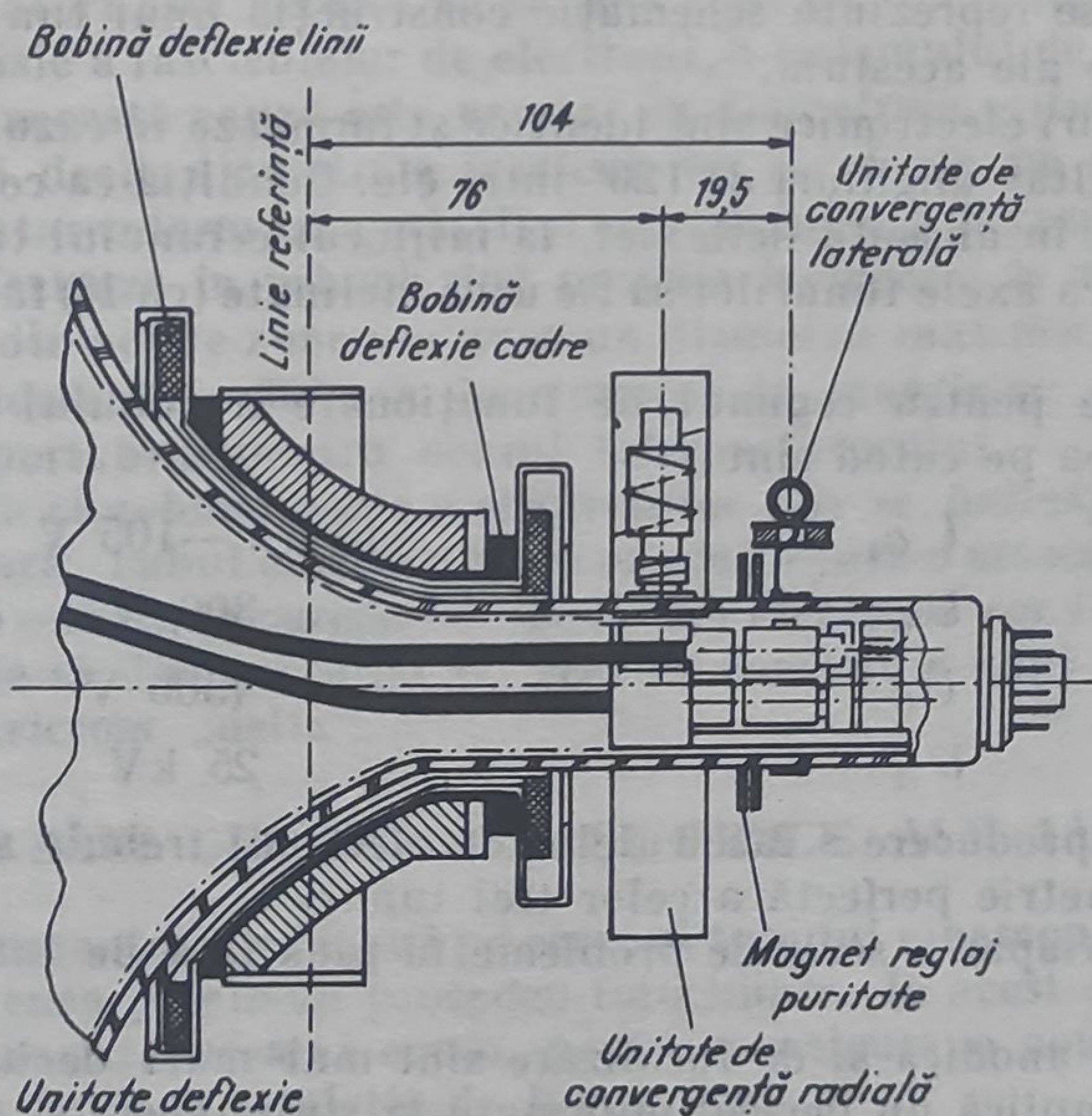


Fig. 12.2. Secțiunea prin gâtul tubului cinescop tricrom cu mască perforată, inclusiv componentele montate pe gâtul tubului.

luminoforii corespunzători sînt probleme esențiale pentru buna funcționare a tubului cinescop tricrom „delta“.

În fig. 12.2 se reprezintă o secțiune longitudinală prin gâtul tubului cinescop tricrom și părțile componente principale montate pe gâtul tubului.

PRODUCEREA FASCICULELOR DE ELECTRONI

Sistemul de producere a fasciculelor de electroni trebuie să asigure următoarele:

- emiterea celor trei fascicule, corespunzătoare luminoforilor de roșu, verde și albastru depuși pe ecranul tubului cinescop;
- focalizarea optimă a fasciculelor de electroni pe întreaga suprafață a ecranului;
- incidența cât mai corectă a celor trei fascicule îndreptate spre centrul ecranului într-un singur punct.

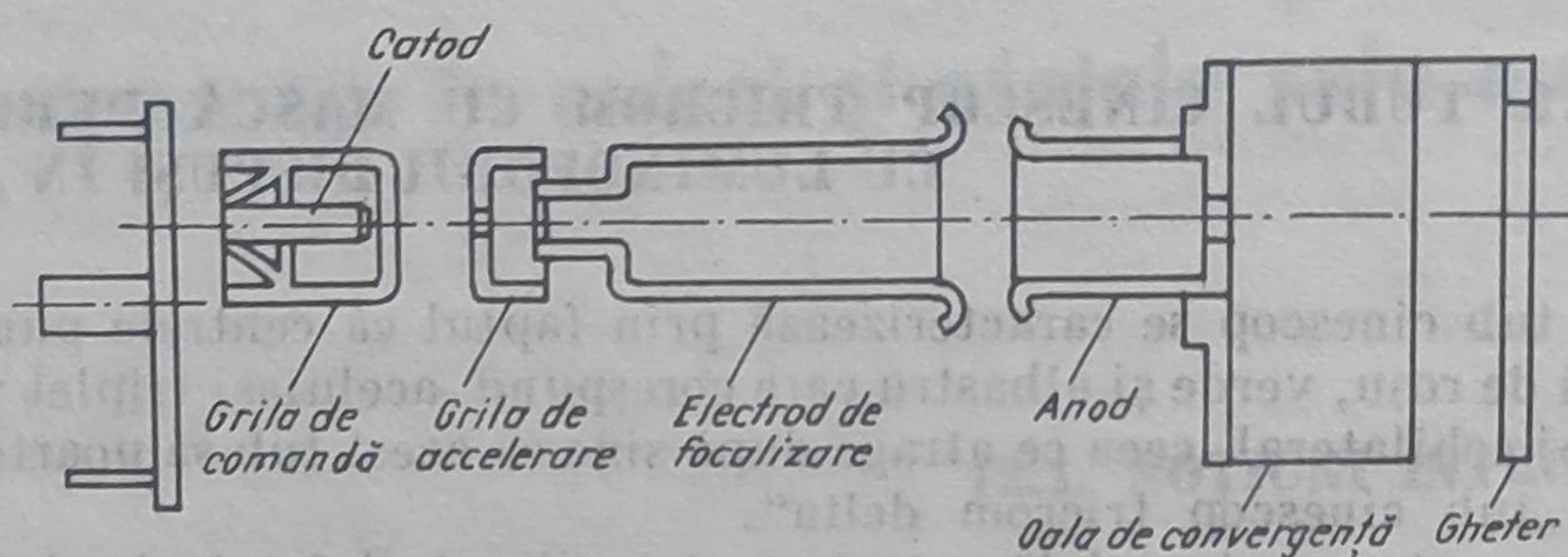


Fig. 12.3. Elementele componente ale tunului de electroni al unui tub „delta”.

În fig. 12.3 se reprezintă schematic construcția unui tun de electroni și părțile principale ale acestuia.

Cele trei tunuri electronice sînt identice și formează în cazul tuburilor cinescop în culori „delta” unghiuri de 120° între ele. Condiția ca cele trei fascicule să se întîlnească, în absența deflexiei, la mijlocul ecranului tubului cinescop în culori impune ca axele tunurilor să fie ușor înclinate (cu 1°) față de axa gîtului tubului.

Valori tipice pentru regimul de funcționare a tubului considerînd ca referință tensiunea pe catod sînt

grila 1	U_{G_1}	—45 —105 V
grila 2	U_{G_2}	300 V
grila 3	U_{G_3}	4500 V
anodul	U_A	25 kV

Sistemul de producere a fasciculelor de electroni trebuie să se caracterizeze printr-o simetrie perfectă a celor trei tunuri.

De asemenea apar o serie de probleme în plus față de tuburile cinescop alb-negru:

- tensiunea anodică și de focalizare sînt mai mari decît la tubul alb-negru, ceea ce implică un pericol mai mare la străpungere și descărcări;
- curentul de fascicul este mai mare, avîndu-se în vedere că trebuie să fie compensați și electronii opriți de mască;
- aberațiile sferice trebuie să fie cît mai mici;
- cele trei tunuri trebuie să fie dispuse într-un gît de sticlă a cărui diametru exterior nu trebuie să depășească 36,5 mm, deoarece în caz contrar energia necesară pentru deflexia fasciculelor devine prea mare.

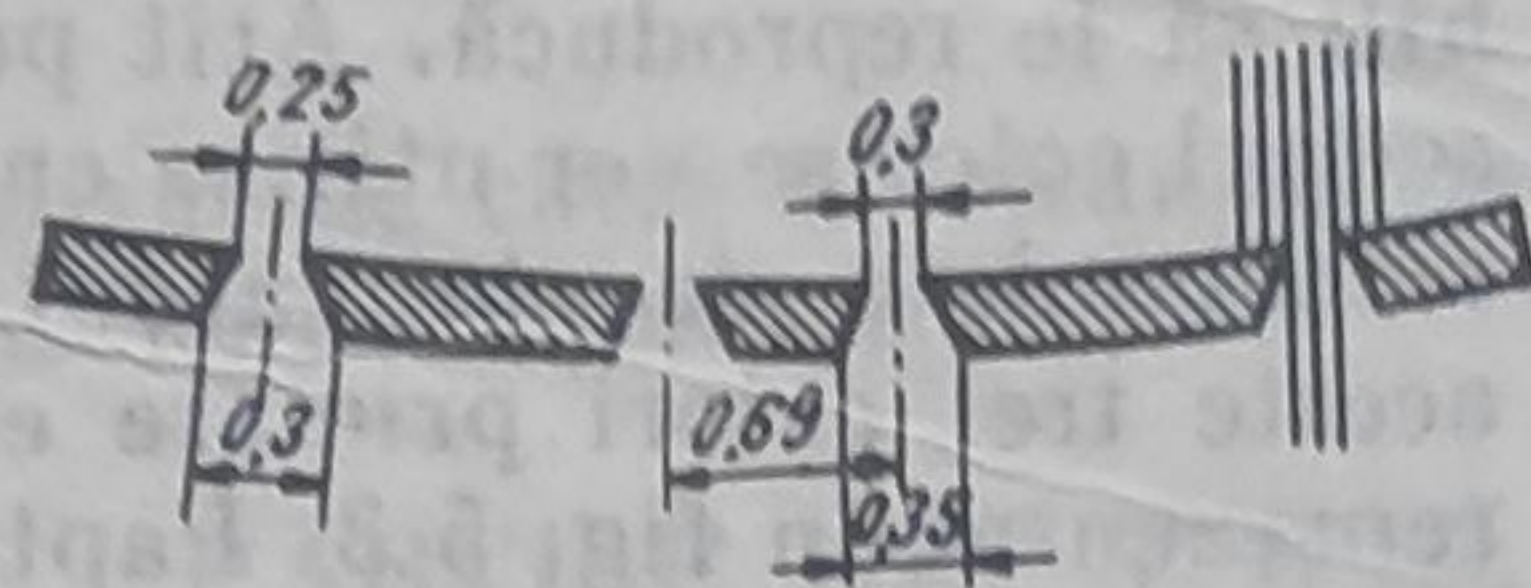
MASCA PERFORATĂ

Tubul cinescop tricrom „delta” are o mască perforată cu cca 400 000 găuri circulare, fiecare avînd diametrul de cca 0,3 mm. Distanța între găuri este de 0,7 mm. Maska este realizată din tablă de oțel de grosime 0,1—0,15 mm.

Găurile măştii au forma unei pîlnii (fig. 12.4) şi se realizează printr-un procedeu fotochimic. Modul cum trec fasciculele de electroni prin mască a fost ilustrat cu fig. 12.1.

Prin procedeul de „tragere” se dă măştii o formă uşor bombată, sferică. Apoi se sudează masca pe o ramă foarte rigidă, care reduce dilatarea nedorită din cauza căldurii. Masca şi cadrul sînt vopsite în negru pentru a favoriza

Fig. 12.4. Secţiune longitudinală prin mască perforată a cinescopului tricrom „delta”.



disiparea căldurii care se produce din cauza incidenţei electronilor pe mască. Compensarea dilatării poate fi realizată prin fixarea măştii cu benzi dintr-un bimetal.

Pentru a asigura incidenţa corectă a fasciculelor de electroni pe luminoforii corespunzători este necesar să se ţină cont de toleranţele inerente ale sistemului de emisie a fasciculelor de electroni, a sistemului de deflexie şi de convergenţă. Din această cauză este necesar ca diametrele orificiilor măştii să fie ceva mai mici decît diametrele fasciculelor incidente pe mască. Din cauza faptului că dilatarea termică a măştii şi erorile cauzate de raza mare de curbură a ecranului, afectează în primul rînd precizia incidenţei la marginea ecranului, găurile măştii din aceste zone vor avea un diametru mai mic decît la mijlocul ecranului. Scăderea cu 30% a luminanţei la marginea ecranului faţă de mijloc este suportabilă pentru ochiul telespectatorului.

Se constată că o bună parte a electronilor care se îndreaptă spre ecran vor fi opriţi de mască. Tubul cinescop tricrom „delta” are o mască cu un randament de cel mult 15—17%, deoarece 83—85% din electroni vor fi opriţi de mască. Aceasta trebuie să disipe cca 20 W, ceea ce constituie unul din dezavantajele cinescopului tricrom „delta”.

PROPRIETĂŢI GEOMETRICE ŞI FIZICE ALE LUMINOFORILOR

Rastrul luminoforilor depuşi pe ecranul tubului cinescop în culori se realizează de asemenea printr-un procedeu fotochimic. În acest scop se utilizează chiar masca asociată acestui ecran, pentru a asigura o coincidenţă perfectă între găurile măştii şi tripleţii de luminofor.

Deoarece masca perforată are cca 400 000 orificii este necesar ca tripleţii de luminofor să aibă acelaşi număr. Prin urmare, în total vor fi pe ecranul unui tub cinescop tricrom „delta” cca 1 200 000 de puncte de luminofor. Diametrul unui „punct” de un anumit tip de luminofor este de 0,4 mm. Pentru a îmbunătăţi incidenţa corectă a fasciculelor de electroni pe luminoforii corespunzători este necesar ca diametrul efectiv al spotului de electroni să fie cu cel puţin 0,03 mm mai mic decît diametrul total al luminoforului. În fig. 12.5 (vezi planşe color) se prezintă un triplet de luminofori la centrul ecranului şi unul la marginea ecranului; se constată că „inelul de toleranţă” între spot şi luminofor, care reprezintă „rezerva de incidenţă” a fasciculelor, este mai mare la marginea ecranului din cauza orificiilor mai mici ale măştii în această zonă.

Luminoforii utilizaţi pentru realizarea ecranului tubului cinescop în culori pot fi consideraţi ca surse de lumină de sine stătătoare, cu strălucire ridi-

cată, randament bun, constanță a nuanței culorii față de intensitatea excitației, remanență și îmbătrânire scăzută.

Alegerea luminoforilor este o problemă dificilă și reprezintă un compromis între eficacitatea acestora și apropierea față de coordonatele impuse de standardele în vigoare.

Culorile primare din colorimetrie nu au putut fi preluate cu exactitate pentru televiziunea în culori, deoarece nu există luminofori care să fie capabili să le reproducă. Atât pentru camerele de luat vederi, cât și pentru cinescopul color se vor utiliza culorile primare, R , G , B , cu coordonate modificate, recomandate de standardul american (relațiile 5.2). Triunghiul format de aceste trei culori primare este înscris în „triunghiul culorilor” IBK și este reprezentat în fig. 5.3. Faptul că acest triunghi nu include toate culorile din triunghiul IBK nu este o problemă, deoarece imensa majoritate a culorilor existente în natură sînt cuprinse în triunghiul determinat de punctele R_s , G_s , B_s .

Fabricanții de tuburi cinescop în culori ar trebui în mod teoretic să respecte cu exactitate coordonatele stabilite prin relațiile 5.2 pentru că orice abatere înseamnă o redare diferită a culorilor față de cele captate de camera videocaptoare, reglată după aceste coordonate. Totuși, pentru a utiliza luminofori mai eficienți, deseori se utilizează coordonate puțin modificate. De exemplu, pentru tubul cinescop A 63-11 X se utilizează următorii luminofori:

Roșu $x=0,650$ $y=0,320$, realizat ca Vanadat de Ytriu
Verde $x=0,275$ $y=0,590$, realizat cu Sulfid de zinc-cadmium, activat cu argint
Albastru $x=0,152$ $y=0,070$ realizat cu sulfid de zinc, activat cu argint.

Se constată că „ y ” pentru luminoforul verde diferă destul de mult față de valoarea recomandată. Aceasta se datorează faptului că silicatul de zinc, cu coeficientul $y=0,71$, egal cu cel recomandat, a fost înlocuit cu sulfid de cadmiu-zinc, al cărui coeficient „ y ” este de 0,59; eficiența a crescut însă de 1,5 ori.

Redarea corectă a albului are o importanță deosebită în televiziunea în culori. În cap. 6.4 s-a arătat că semnalele primare de culoare E_R , E_G și E_B sînt maxime, egale cu unitatea pentru cazul în care se transmite o imagine albă conform albului de referință C sau D . Dacă aceste trei semnale se aplică etajelor finale RGB din televizorul în culori este necesar ca pe ecranul acestuia să se reproducă tot același alb. Pentru a asigura redarea acestui alb este necesar ca luminanțele ponderate ale fluxurilor luminoase produse de luminoforii de roșu, verde și albastru să fie similare cu luminanțele ponderate pentru fluxurile luminoase corespunzătoare culorilor primare din studiou. Condiția redării albului utilizîndu-se semnale primare de culoare egale între ele pentru atacul cinescopului nu poate fi îndeplinită din următoarele motive:

— eficiența luminoforilor (raportul între fluxul luminos rezultat și curentul de fascicul al electronilor incidenti) este diferită pentru luminoforii de roșu, verde și albastru.

— caracteristicile de transfer care exprimă relația între curent de fascicul și tensiune de atac a cinescopului diferă pentru cei trei luminofori.

Fiecare fabricant de tub cinescop indică proporțiile necesare între curenții de fascicul pentru redarea albului C , W , N sau D . Despre albul C și D s-au dat explicații în cap. 5.4. Albul W este cel utilizat în cazul tuburilor cinescop alb-negru, iar albul N cu coordonatele $x=0,281$, $y=0,311$ este un „compromis” între C și W .

În Europa s-a utilizat la început albul C , preluat din norma americană, apoi s-a utilizat (și se mai utilizează și astăzi de unii fabricanți de televizoare)

albul N care are avantajul că este asemănător cu albul W , cunoscut din televiziunea alb-negru, urmînd ca acum să se recomande albul D , foarte adecvat pentru redarea imaginilor în culori și în mod special a „culorii pielii“.

Pentru tubul A 63-11 X se indică pentru redarea albului N proporțiile $I_{K_R} : I_{K_G} : I_{K_B} = 41 : 29,5 : 29,5\%$.

Pentru un tub de fabricație mai recentă, A 66-500 X, se indică pentru albul N $I_{K_R} : I_{K_G} : I_{K_B} = 30,6 : 35,4 : 34\%$ și pentru albul D $41,2 : 32,2 : 26,6\%$.

Se constată că albul D este mai greu de realizat de către fabricantul de televizoare deoarece diferențele între curenți de fascicul sînt mai mari.

PĂRȚILE DIN STICLĂ

Se distinge partea frontală, conul și gîtul tubului cinescop, cea mai importantă parte din sticlă fiind cea frontală. Aceasta este realizată prin presare într-o matriță. Suprafața exterioară este perfect netedă, iar cea interioară este prevăzută cu rugozități în scopul măririi contrastului imaginii.

În cazul tuburilor „delta“ se utilizează o sticlă cu transparența egală cu 52% , în scopul asigurării unui compromis între strălucire și contrast, adică între transparență și reflexia luminii incidente pe ecran.

O altă cerință pentru sticla frontală este absorbția razelor X emise de tub. Această cerință se realizează prin adăugarea la sticlă a unor oxizi de metale, în mod special pe bază de plumb.

COMANDA TUBULUI CINESCOP TRICROM

Sistemul accelerează fasciculul la o viteză de cca 9×10^7 m/s și asigură o bună focalizare. Curentul de fascicul al tubului depinde de tensiunile de polarizare pe grila de comandă și grila de accelerare

$$I_f = K (U_{G_1} + D_2 U_{G_2})^{\gamma_{ST}}, \quad \left(\gamma_{ST} \approx \frac{3}{2} \right)$$

Constatăm că curentul de fascicul poate fi influențat și cu tensiunea U_{G_2} . Caracteristica $I_f = f(U_{G_1})$, avînd ca parametru tensiunea U_{G_2} este reprezentată în fig. 12.6. Un punct însemnat al acestei caracteristici este „punctul de tăiere“, la care curentul de fascicul a scăzut pînă la o valoare la care ecranul nu se mai luminează.

Tensiunea între grila de comandă și catod, pentru care strălucirea ecranului este nulă, este tensiunea de tăiere, notată cu U_t .

Se constată că cele trei caracteristici au atît puncte de tăiere (deci tensiuni de tăiere) cît și pante diferite pentru fasciculele de roșu, verde și albastru.

Prima problemă este asigurarea tăierii simultane a celor trei fascicule în cazul redării negrului pe ecran. Această condiție, realizată practic prin „reglarea punctului de negru“ poate fi satisfăcută prin două procedee:

— translatarea caracteristicilor în direcția abscisei pînă la coincidența punctelor de tăiere prin reglarea diferită a tensiunilor de accelerare U_{G_2} corespunzătoare celor trei tunuri (fig. 12.7). După acest reglaj cele trei tensiuni de tăiere $U_{tR} = U_{tG} = U_{tB}$;

— reglarea diferită a nivelelor de negru ale celor trei semnale de comandă în videofrecvență a catozilor de roșu, verde și albastru. Această metodă se folo-

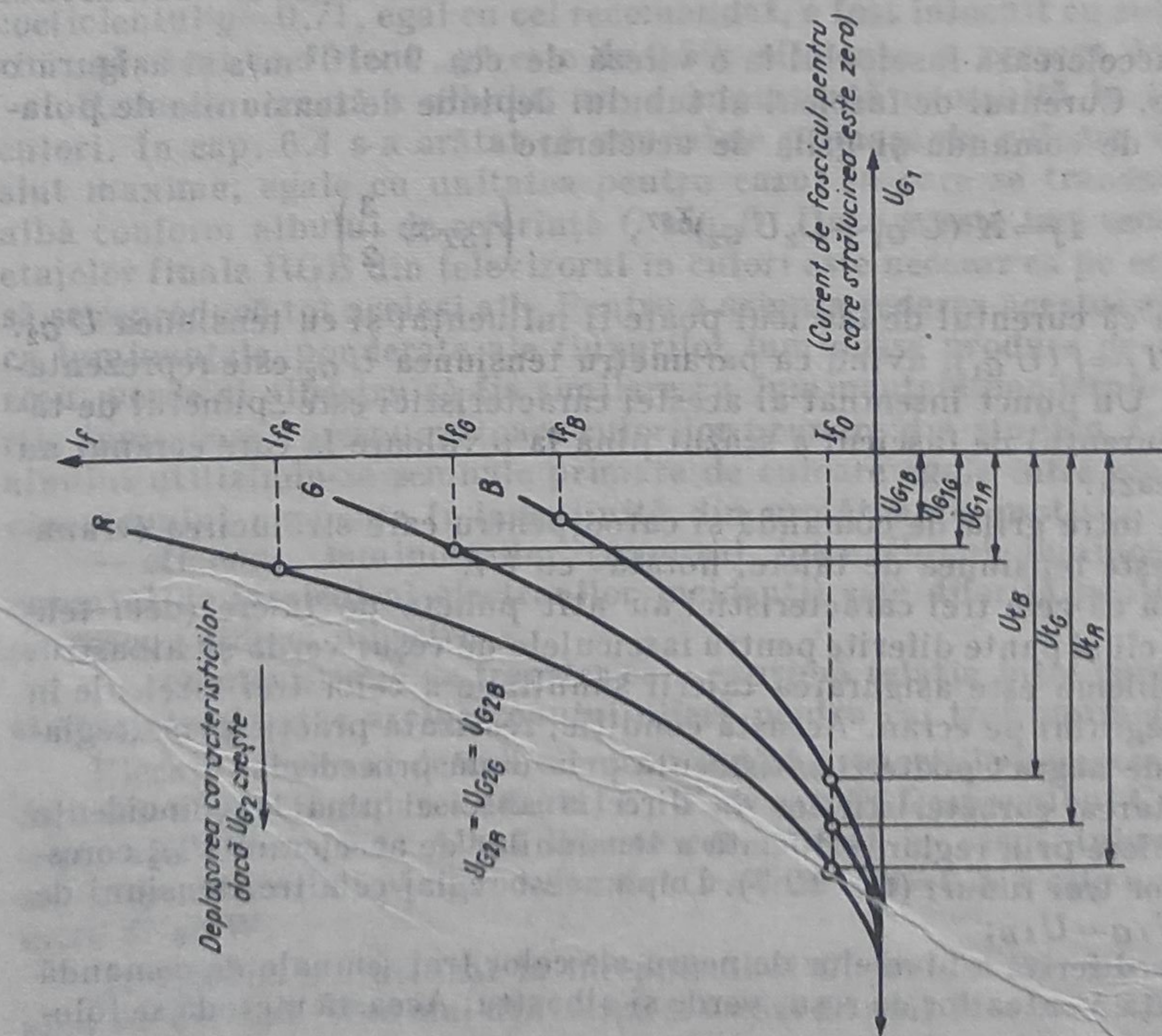


Fig. 12.6. Caracteristicile celor trei sisteme de emisie a fasciculelor de electroni, punându-se în evidență pantele diferite și tensiunile de tăiere diferite.

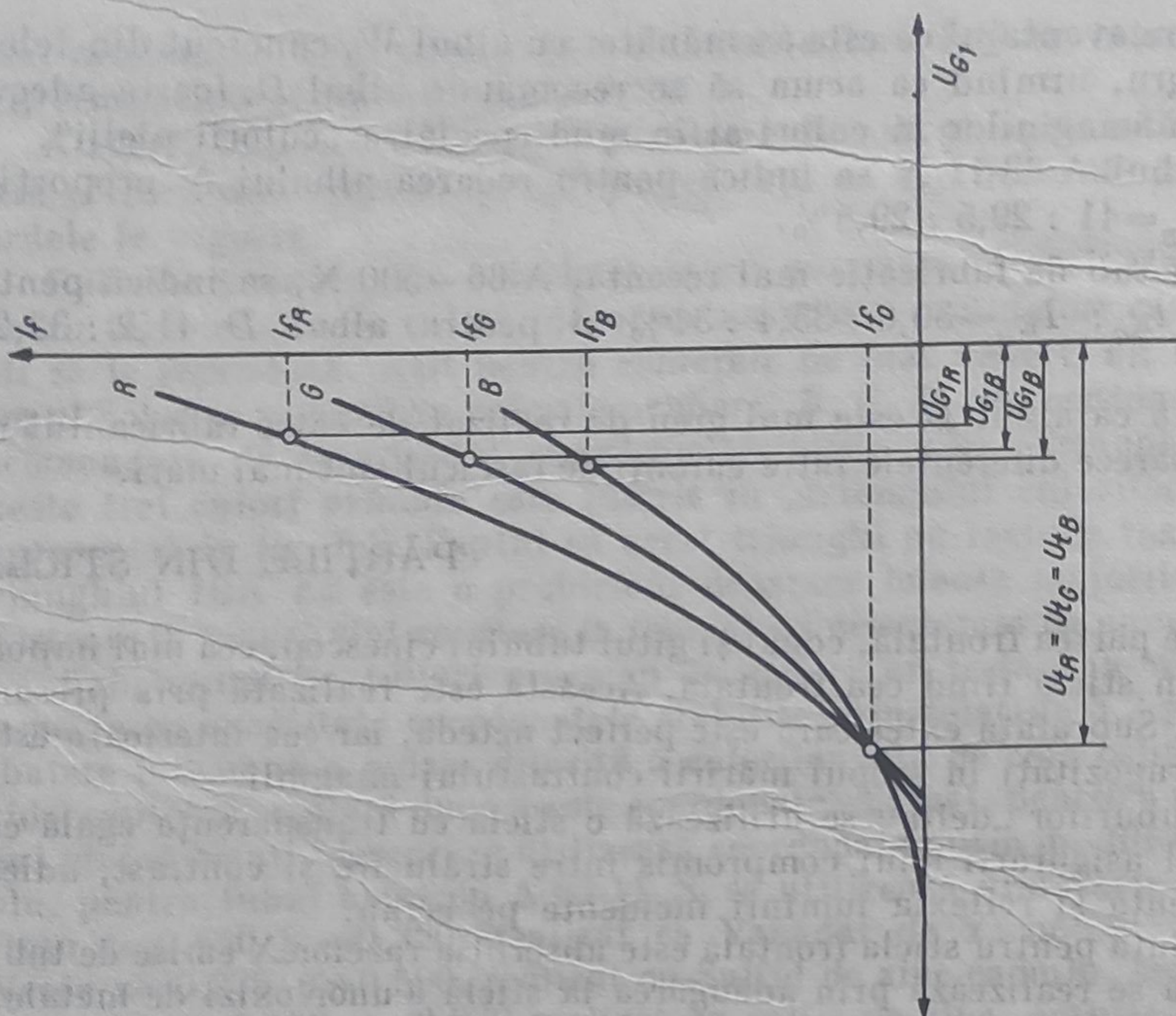


Fig. 12.7. Caracteristicile celor trei sisteme de emisie a fasciculelor de electroni având aceeași tensiune de tăiere, condiție realizată prin modificarea tensiunilor U_{G2} .

sește mai ales la tuburi cinescop care nu au grile de accelerare separate pentru cele trei fascicule. Nivelele de negru ale celor trei semnale primare de culoare E_R , E_G , E_B vor fi ajustate diferit, compensându-se diferențele între tensiuni de tăiere (fig. 12.8).

A doua problemă importantă este redarea corectă a treptelor de gri și a albului pe ecranul tubului cinescop. Pentru a îndeplini această condiție este necesar ca trei semnale primare E_R , E_G , E_B , egale între ele, corespunzătoare unei imagini complet albe, transmise din studio să producă trei fascicule de electroni care asigură redarea albului pe ecranul cinescopului. Din cauza faptului

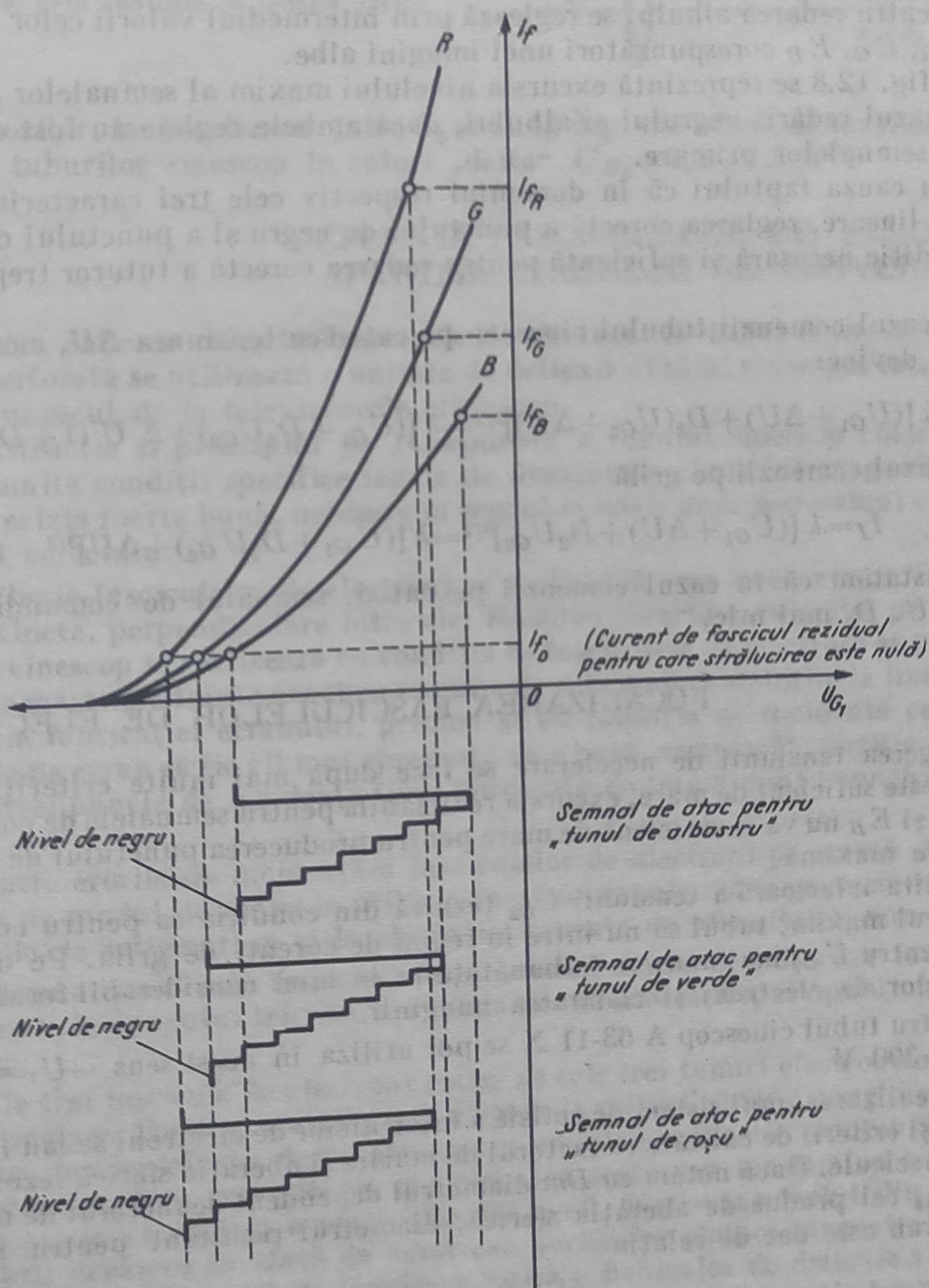


Fig. 12.8. Redarea albului și negrului prin efectuarea reglajelor corespunzătoare asupra semnalelor de atac ale cinescopului.

că luminoforii de roșu, verde și albastru au eficacități diferite, precum și din cauza toleranțelor inerente ale acestor eficacități este necesar ca curenții de fascicul I_{fR} , I_{fG} și I_{fB} corespunzători redării albului să fie reglabili în limite destul de largi.

Cu toate că fabricantul indică proporții nominale între curenții de fascicul care sînt necesari pentru redarea albului pe ecran, este necesar să se facă referiri și la proporțiile care există între acești curenți dacă se ține cont de toleranțele eficiențelor luminoforilor. De exemplu, pentru tubul A 63-11 X se indică $I_{K_R} : I_{K_G} = 1,0 \dots 1,8$; $I_{K_R} : I_{K_B} = 1,0 \dots 2,0$. Curenții de fascicul necesari pentru redarea albului se reglează prin intermediul valorii celor trei semnale E_R , E_G , E_B corespunzători unei imagini albe.

În fig. 12.8 se reprezintă excursia nivelului maxim al semnalelor E_R , E_G , E_B în cazul redării negrului și albului, dacă ambele reglaje au fost efectuate asupra semnalelor primare.

Din cauza faptului că în domeniul respectiv cele trei caracteristici sînt aproape lineare, reglarea corectă a punctului de negru și a punctului de alb va fi o condiție necesară și suficientă pentru redarea corectă a tuturor treptelor de gri.

În cazul comenzii tubului cinescop pe catod cu tensiunea ΔU , curentul de fascicul devine:

$$I_f = k [(U_{G1} + \Delta U) + D_2(U_{G2} + \Delta U)]^{3/2} = k [(U_{G1} + D_2 U_{G2}) + \Delta U (1 + D_2)]^{3/2}$$

iar în cazul comenzii pe grilă

$$I_f = k [(U_{G1} + \Delta U) + D_2 U_{G2}]^{3/2} = k [(U_{G1} + D_2 U_{G2}) + \Delta U]^{3/2}$$

Constatăm că în cazul comenzii pe catod, semnalul de comandă poate fi cu ΔU . D_2 mai mic.

FOCALIZAREA FASCICULELOR DE ELECTRONI

Alegerea tensiunii de accelerare se face după mai multe criterii. Dacă U_{G2} nu este suficient de mare, excursia realizabilă pentru semnalele de comandă E_R , E_G și E_B nu va fi suficient de mare pentru producerea punctului de alb de strălucire maximă.

Limita inferioară a tensiunii U_{G2} rezultă din condiția ca pentru curentul de fascicul maxim, tubul să nu intre în regim de curenți de grilă. Pe de altă parte, pentru U_{G2} mai mare se îmbunătățește în mod considerabil focalizarea fasciculelor de electroni și claritatea imaginii.

Pentru tubul cinescop A 63-11 X se pot utiliza în acest sens $-U_t = 105$ V și $U_{G2} = 300$ V.

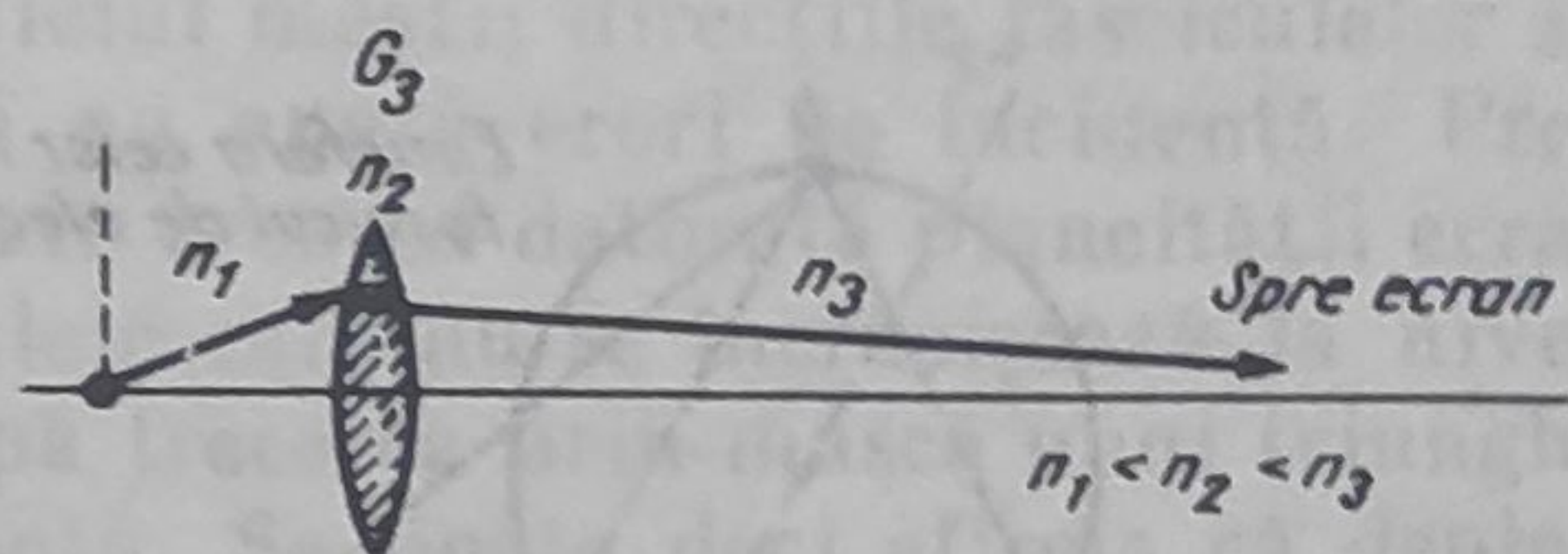
La realizarea unui sistem de emisie a fasciculelor de electroni se iau în considerare și criterii de calitate ca factorul de mărire și aberația sferică rezultantă pentru fascicule. Dacă notăm cu D_m diametrul dependent de factorul de mărire și cu D_{as} cel produs de aberația sferică, diametrul rezultat pentru spotul de pe ecran este dat de relația

$$D = D_m^2 + D_{as}^2$$

Claritatea cea mai bună a imaginii rezultă pentru D cît mai mic, ceea ce implică un unghi de divergență a fasciculului de electroni cît mai mic. Grila de

accelerare, grila de focalizare și anodul formează o lentilă electronică în scopul concentrării fasciculului într-un punct focal situat în planul măştii (fig. 12.9). Focalizarea electrostatică se produce atât în spațiul dintre G_2 și G_3 , cât și între G_3 și anod. Dacă tensiunea între G_2 și G_1 atinge sau depășește o anumită valoare limită (de ex. 400 V), focalizarea între G_2 și G_3 nu mai depinde decât de construc-

Fig. 12.9. Reprezentarea lentilei electronice de focalizare, prin analogie cu lentila optică.



ția electrozilor, iar focalizarea între G_3 și anod depinde numai de tensiunea U_{G_3} . În cazul tuburilor cinescop în culori „delta” $U_{G_3} = 4,2 - 5,5$ kV.

DEFLEXIA FASCICULELOR DE ELECTRONI APARIȚIA ERORILOR DE CONVERGENȚĂ

Pentru deflexia celor trei fascicule de electroni în tubul cinescop color cu mască perforată se utilizează o unitate de deflexie al cărei principiu este similar cu cel cunoscut de la televizoarele alb-negru.

Construcția și principiul de funcționare a tubului cinescop color impun însă anumite condiții specifice legate de distribuția cîmpului magnetic generat și precizia foarte bună, necesare în scopul evitării unor distorsiuni care n-ar putea fi corectate.

Deflexia fasciculelor de electroni se realizează prin două cîmpuri magnetice distincte, perpendiculare între ele. Redarea corectă a culorilor pe ecranul tubului cinescop se realizează cu condiția ca fasciculele de electroni să parcurgă orificiile măştii perforate exact cu unghiurile care au fost stabilite la iluminarea cu ocazia fabricației ecranului, precum și cu condiția ca incidența celor trei fascicule pe ecran să fie cât mai apropiată de o pată „circulară”, poziția relativă a celor trei puncte de incidență fiind apropiată de forma unui triunghi echilateral.

Dintre erorile de incidență a fasciculelor de electroni pe mască și ecran, cauzate de modul de deflexie utilizat în cinescoapele color ne vom referi la aberațiile de astigmatism și la aberațiile cauzate de planeitatea ecranului.

Astigmatismul este fenomenul incidenței eronate a spoturilor luminoase pe ecranul cinescopului tricrom din cauza neuniformităților cîmpului magnetic deviator.

Cele trei fascicule de electroni emise de cele trei tunuri electronice au secțiuni circulare, fiind în același timp dispuse în colțurile unui triunghi echilateral. Dacă fasciculele de electroni parcurg un cîmp magnetic omogen și direcțiile lor coincid cu axa gîtului cinescopului, secțiunea lor rămîne circulară. Practic nu se va realiza această situație decât pentru fasciculul din centrul ecranului, deoarece în afară de acest caz particular cîmpul magnetic nu este uniform, fiind influențat de lungimea finită a bobinelor de deflexie și inducțiunile de scăpări ale acestora. Secțiunea fasciculului care se îndreaptă spre porțiuni situate la marginea ecranului devine eliptică iar triunghiul echilateral format de secțiunea prin cele trei fascicule devine un triunghi oarecare (fig. 12.10 a, b vezi planșe color).

Convergența fasciculelor de electroni este proprietatea fasciculelor roșu, verde și albastru de a se încrucișa — sau de a avea punctul de cea mai bună apropiere — întotdeauna situat pe masca perforată a tubului. Din cauza astigmatismului, „punctul” de cea mai bună apropiere se transformă în două linii focale (fig. 12.11). Pentru ca „punctul c” să se afle mereu în planul măștii

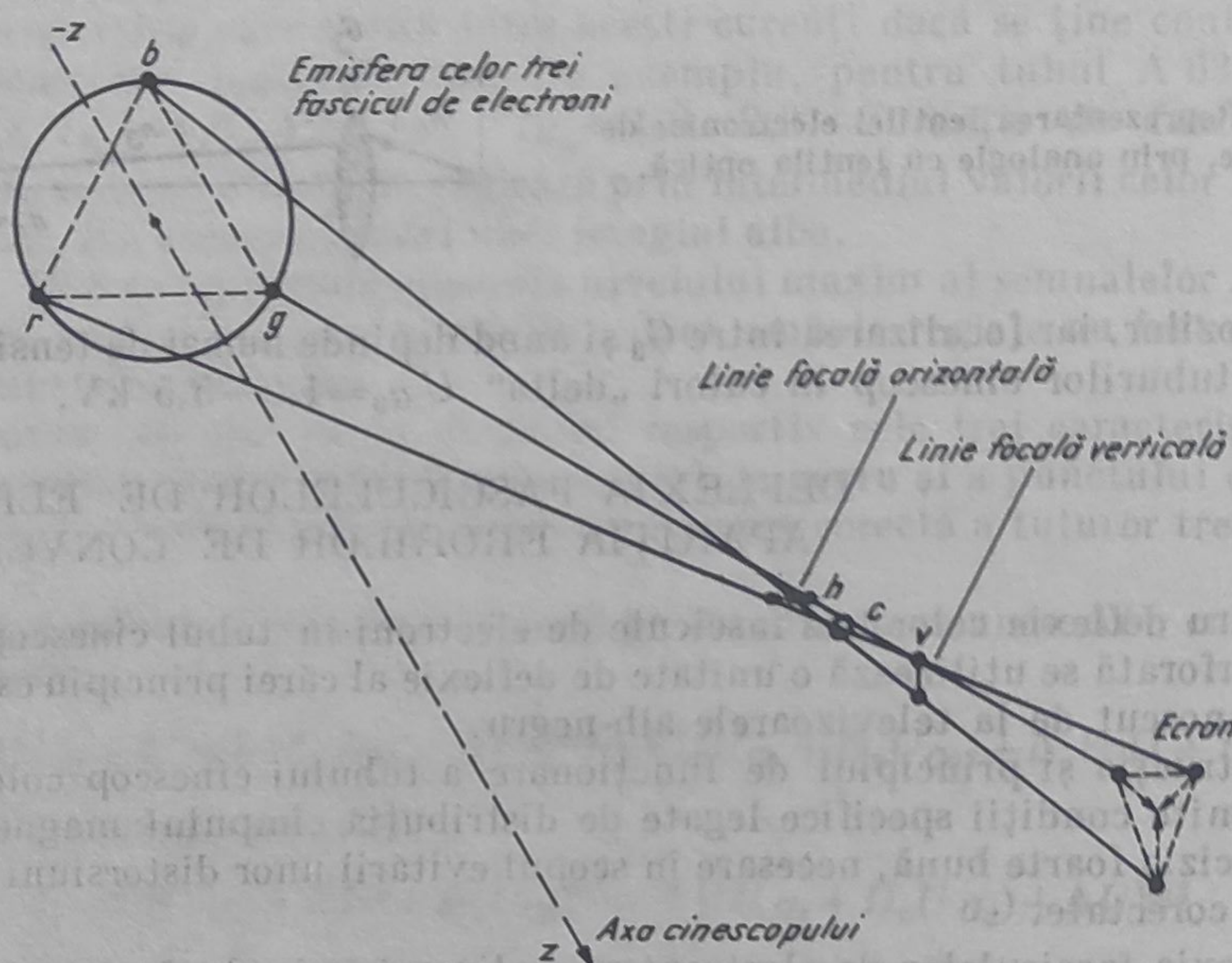


Fig. 12.11. Fasciculele de electroni în câmpul astigmatic al tubului cinescop în culori „delta”.

perforate este necesar să se efectueze corecții care depind atât de intensitatea, cât și de direcția câmpului de deflexie.

Așa cum s-a arătat, fasciculele de roșu, verde și albastru care parcurg traiectorii în imediata apropiere a axei tubului cinescop nu vor fi distorsionate, convergența lor în planul măștii este teoretic perfectă. Singurele erori care pot apare pentru aceste fascicule și trebuie să fie corectate sînt create de toleranțele constructive ale sistemului celor trei tunuri electronice. Aceste erori se corectează prin sistemul de convergență statică. Convergența statică se realizează prin deplasarea separată a fiecărui fascicul în direcție radială (convergență radială), precum și prin deplasarea laterală a fasciculului de albastru (convergență laterală de albastru). Modul de acționare a convergenței radiale și laterale este prezentat în fig. 12.12 a, b. Convergența statică se reglează cu ajutorul unor magneți permanenți care acționează independent față de unghiul de deflexie al fasciculului.

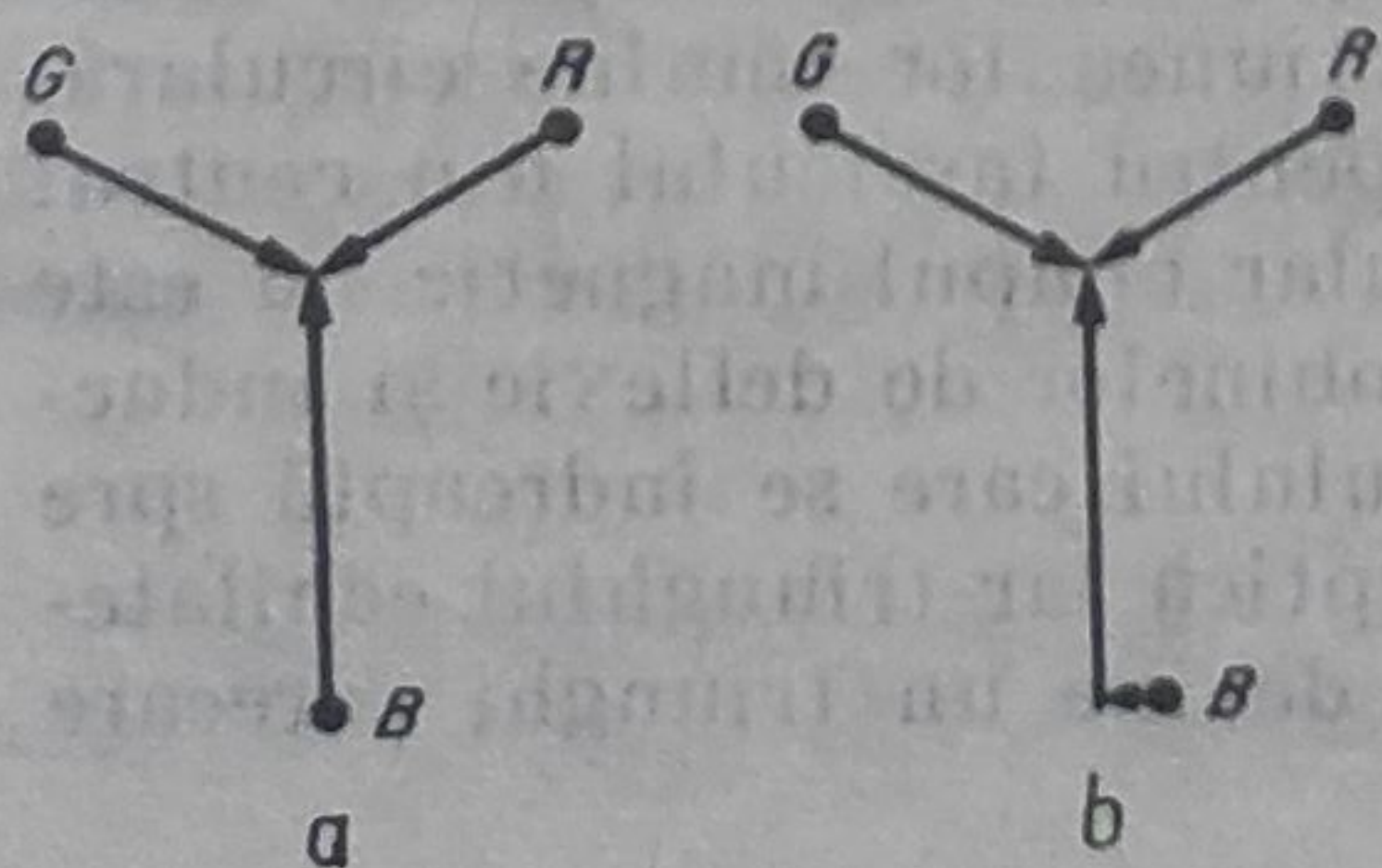


Fig. 12.12. Reglarea convergenței: a — numai cu dispozitive de convergență radială; b — cu dispozitive de convergență radială și de convergență laterală de albastru.

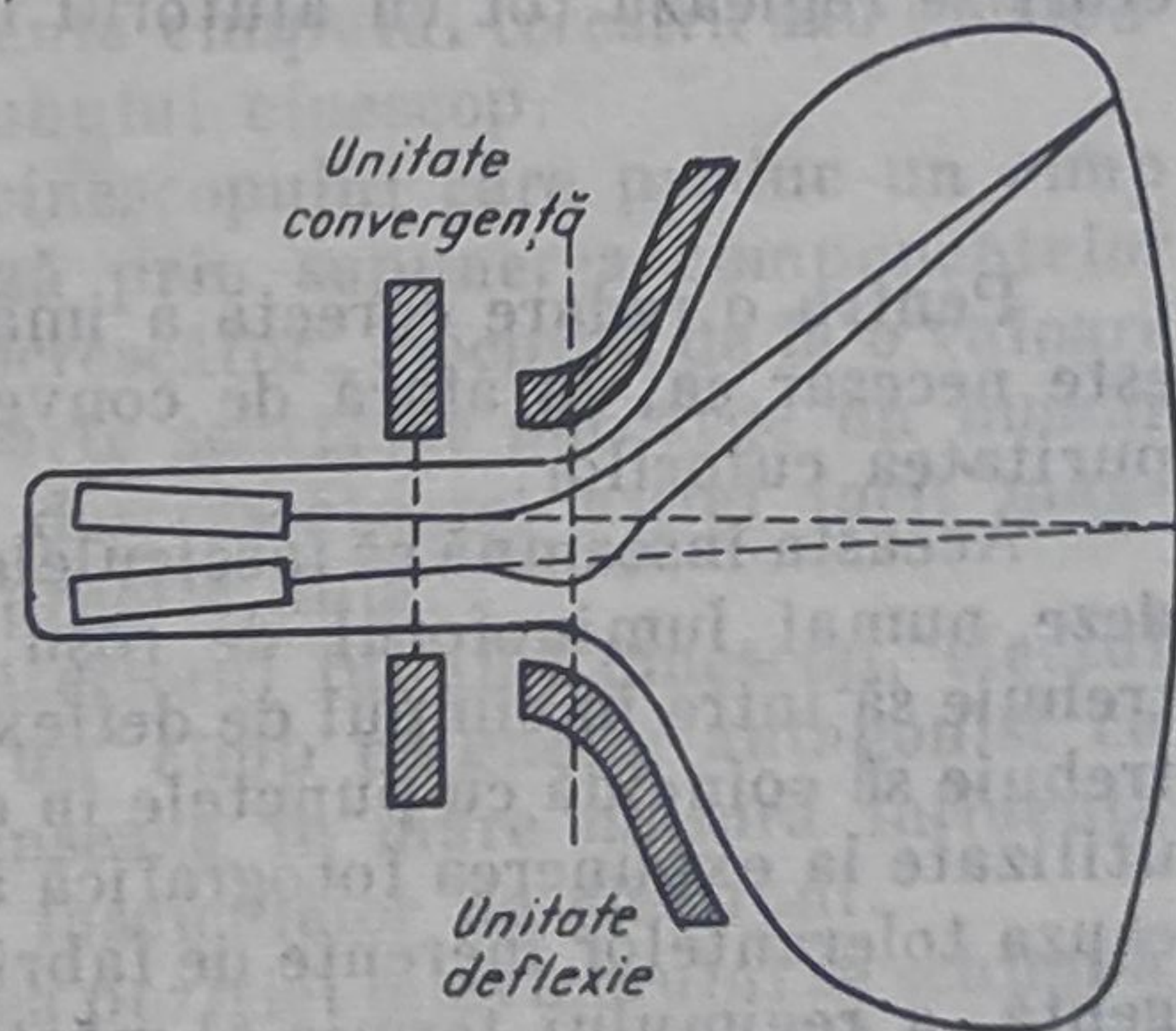
Proprietatea fasciculelor de electroni care exprimă faptul că acestea converg și în punctele situate la marginea măștii perforate este convergența dinamică.

Constatăm că atât convergența statică cât și convergența dinamică sînt realizabile prin acționarea asupra fiecărui fascicul în parte.

Din fig. 12.13 (vezi planșe color) rezultă că încrucișarea la nivelul măștii perforate a celor trei fascicule provenite din tunuri situate la 120° între ele este condiția ca și după trecerea prin orificiul măștii direcțiile fasciculelor să formeze unghiuri de 120° și pe ecran să nu apară erori de incidență. Precizăm că deocamdată nu se ia în considerare eroarea datorată planeității ecranului. Din fig. 12.13, *b* rezultă că fasciculele care nu se încrucișează la nivelul măștii perforate nu mai corespund după trecerea prin mască unui triunghi echilateral, pe ecran apar erori de incidență. Se poate deci afirma că deplasarea radială a fasciculelor poate fi utilizată pentru compensarea erorilor de convergență dinamică, înlăturîndu-se distorsiunile trunghiurilor formate de fascicule cauzate de aberațiile de astigmatism ale tubului.

Practic, convergența va fi asigurată prin modificarea unghiului de deflexie al unui anumit fascicul în comparație cu unghiul format de un alt fascicul în prezența aceluiași cîmp magnetic de deflexie. Dacă reprezentăm în mod simplificat traiectoria unui fascicul de electroni (fig. 12.14) sub acțiunea cîmpului magnetic deviator constatăm că o schimbare a unghiului sub care se îndreaptă fasciculul respectiv spre mască și ecran poate fi realizată modificînd unghiul cu care fasciculul respectiv intră în cîmpul magnetic de deflexie. De aici rezultă modul practic de corecție a erorilor de convergență, bazat pe utilizarea unor magneți permanenți pentru corecția statică și electromagneți prin care circulă curenți de frecvența liniilor și cadrelor care acționează în parte asupra fasciculelor de roșu, verde și albastru înainte de intrarea în cîmpul magnetic de deflexie, pentru corecția dinamică.

Fig. 12.14. Realizarea convergenței prin modificarea unghiului de intrare a fasciculului de electroni în cîmpul magnetic deviator.



Pentru realizarea convergenței radiale se utilizează o unitate de convergență radială, în timp ce convergența laterală de albastru se asigură cu o unitate de convergență laterală (fig. 12.15 *a, b, c, d* — vezi planșe color).

Practic este foarte greu să se corecteze un cîmp total astigmatic cu ajutorul reglajelor de convergență. În cazul tubului cinescop tricrom „delta” cu unghi de deflexie de 90° se realizează de obicei un cîmp de deflexie care asigură o comportare anastigmatică (fără aberații de astigmatism) pe direcția diagonalelor (fig. 12.16 — vezi planșe color). Pe aceste direcții este posibilă realizarea convergenței prin corecții radiale de aceeași intensitate pentru cele

trei fascicule; pe direcția axelor orizontale și verticale cîmpul este astigmatic, fiind necesare corecții diferite pentru cele trei fascicule.

În cazul unui cinescop tricrom „delta” cu unghi de deflexie de 110° nu se utilizează cîmpul de deflexie anastigmatic pe diagonale, ci o corecție dinamică de convergență combinată cu un cîmp magnetic corector creat de curenți care

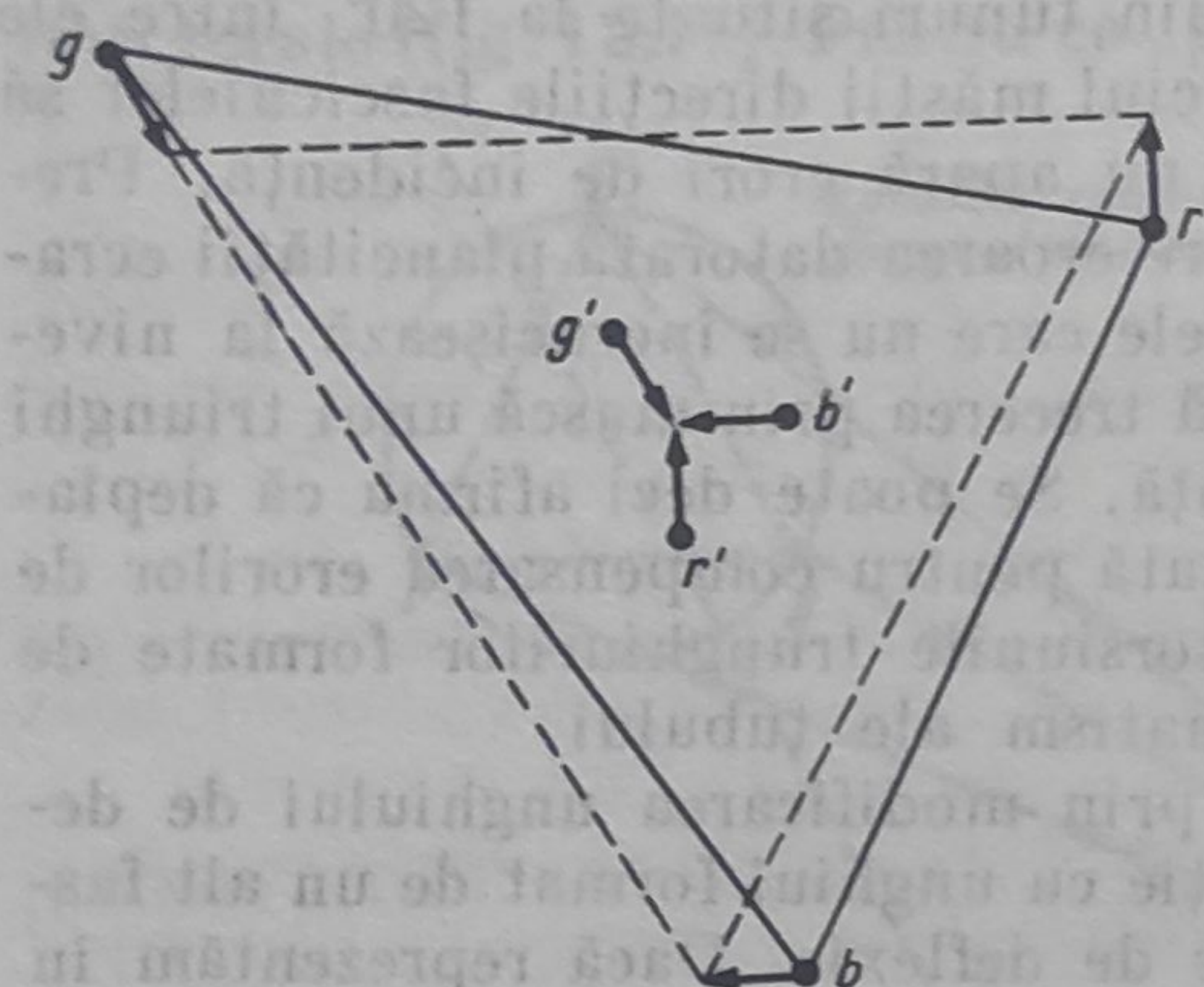


Fig. 12.17. Incidența fasciculelor în colțul dreapta sus al cinescopului tricrom „delta” de 110° — fără corecții de convergență.

circulă chiar prin bobina de deflexie. În fig. 12.17 se reprezintă incidența fasciculelor de roșu, verde și albastru în dreapta sus a ecranului, fără nici o corecție de astigmatism. Săgețile mici din colțurile triunghiului indică corecțiile efectuate cu cîmpul corector sus menționat, transformînd triunghiul într-unul echilateral. În continuare, corecția se efectuează cu unitatea de convergență radială prin acționare egală asupra celor trei fascicule.

Erorile de planeitate a ecranului sînt egale pentru cele trei fascicule aparținînd unei triade, dar variabile în funcție de locul pe mască și ecran. Aceste erori se reglează tot cu ajutorul unității de convergență radială.

PURITATEA CULORILOR

Pentru o redare corectă a imaginii pe ecranul tubului cinescop în culori este necesar ca, în afară de convergență statică și dinamică, să se asigure și puritatea culorilor.

Aceasta înseamnă că fasciculele de roșu, verde și albastru trebuie să bombardeze numai luminoforul de roșu, verde și respectiv de albastru. Fasciculele trebuie să intre în cîmpul de deflexie cu unghiul corect, iar centrele de deflexie trebuie să coincidă cu punctele în care au fost situate cele trei surse de lumină utilizate la expunerea fotografică a luminoforilor. Erorile de puritate apar din cauza toleranțelor inerente de fabricație, a imperfecțiunii reglajului de convergență, a regimului termic al măștii precum și din cauza cîmpului magnetic terestru.

În fig. 12.18 (vezi planșe color) se prezintă situațiile posibile ale incidenței fasciculelor din punctul de vedere al purității.

Din cauza erorii destul de mari a incidenței fasciculului de albastru, situația ideală numai poate fi realizată, soluția fiind un compromis.

Reglajul purității culorilor va fi realizat prin sisteme care acționează simultan asupra celor trei fascicule de electroni, spre deosebire de reglajele de convergență care pot acționa separat, asupra fiecărui fascicul în parte.

Cîmpul magnetic de corecție a purității culorilor va fi realizat cu ajutorul unei perechi de magneți permanenți care pot fi roțiți atît în același sens, cit

și în sens contrar. În acest fel se poate asigura un câmp egal cu suma celor două câmpuri, ori anularea câmpului rezultat prin poziționarea contrarie a celor doi magneti. Modul de acționare a magnetilor permanenți pentru puritatea culorilor este prezentat în fig. 12. 19 (vezi planșe color).

Puritatea culorilor pentru fasciculele care se îndreaptă spre centrul imaginii se reglează rotind cele două inele în același sens, efectul lor fiind similar cu cel al magnetilor de centrare cunoscuți de la cinescopul alb-negru. Puritatea culorilor pentru marginile imaginii se poate regla prin deplasarea întregii unități de deflexie în față și în spate.

Puritatea culorilor este mult influențată de regimul termic al măștii perforate care se va încălzi în mod considerabil datorită unei părți a fasciculelor de electroni care vor lovi masca. În cazul cinescopului „delta” masca disipă cca 80% din energia furnizată de sursa de foarte înaltă tensiune. Efectul nefavorabil al expansiunii termice a măștii asupra purității culorilor poate fi diminuat printr-o „fixare termo — compensată în trei puncte”.

DEMAGNETIZAREA TUBURILOR CINESCOP ÎN CULORI

Câmpuri magnetice, ca de exemplu câmpul terestru, au un rol perturbator mai pronunțat pentru tuburile cinescop în culori decât pentru tuburile cinescop alb-negru. Erorile de incidență care apar din cauza acestor câmpuri pot produce erori pronunțate de puritatea culorii. Pentru a evita influența acestor câmpuri asupra traiectoriei fasciculelor de electroni se utilizează un blindaj magnetic în exteriorul sau o ecranare în interiorul tubului cinescop.

Pe de altă parte, părțile ferometalice ale tubului cinescop în culori, ca masca perforată, rama metalică de protecție și blindajul magnetic exterior, dacă există, se pot magnetiza ușor prin influența câmpului terestru sau existența unui magnet permanent în apropierea tubului cinescop.

Demagnetizarea părților metalice ale cinescopului care produc un câmp magnetic în interiorul tubului se efectuează prin supunerea componentelor respective unui câmp magnetic alternativ descrescător, începînd de la o valoare cît mai mare, pînă la zero, într-un timp foarte scurt. Se parcurge un număr mare de cicluri histerezis, de amplitudine descrescătoare, astfel încît magnetizarea finală a părților metalice devine practic nulă.

Pe de altă parte, pentru spațiul din interiorul tubului cinescop, efectul blindajului magnetic este echivalent cu un câmp magnetic antagonist cu câmpul magnetic terestru. Astfel se compensează în mare măsură influența nedorită a acestui câmp asupra traiectoriei fasciculelor de electroni.

Din cauza faptului că odată cu schimbarea poziției televizorului se schimbă și câmpul magnetic terestru, perturbator, este util ca și în timpul exploatarei televizorului să existe posibilitatea unei demagnetizări repetate. Astăzi toate televizoarele sînt utilizate cu un circuit de demagnetizare automată, care va fi descris în cadrul acestui capitol.

DISTORSIUNI DE RASTRU

O problemă deosebită care apare în cazul utilizării tubului cinescop în culori este corecția distorsiunii de pernă.

Această distorsiune apare atît din cauza faptului că raza de curbură a ecranului este mai mare decît distanța între planul de deviație și planul vertical,

tangent la ecran (fig. 12.20) cît și din cauza unor procedee speciale de modelare a cîmpului magnetic de deflexie în scopul compensării erorilor de convergență.

În fig. 12.21 se prezintă forma unui rastru cu distorsiune de pernă. Distorsiunea liniilor orizontale ale rastrului, deci apariția curburii rastrului în

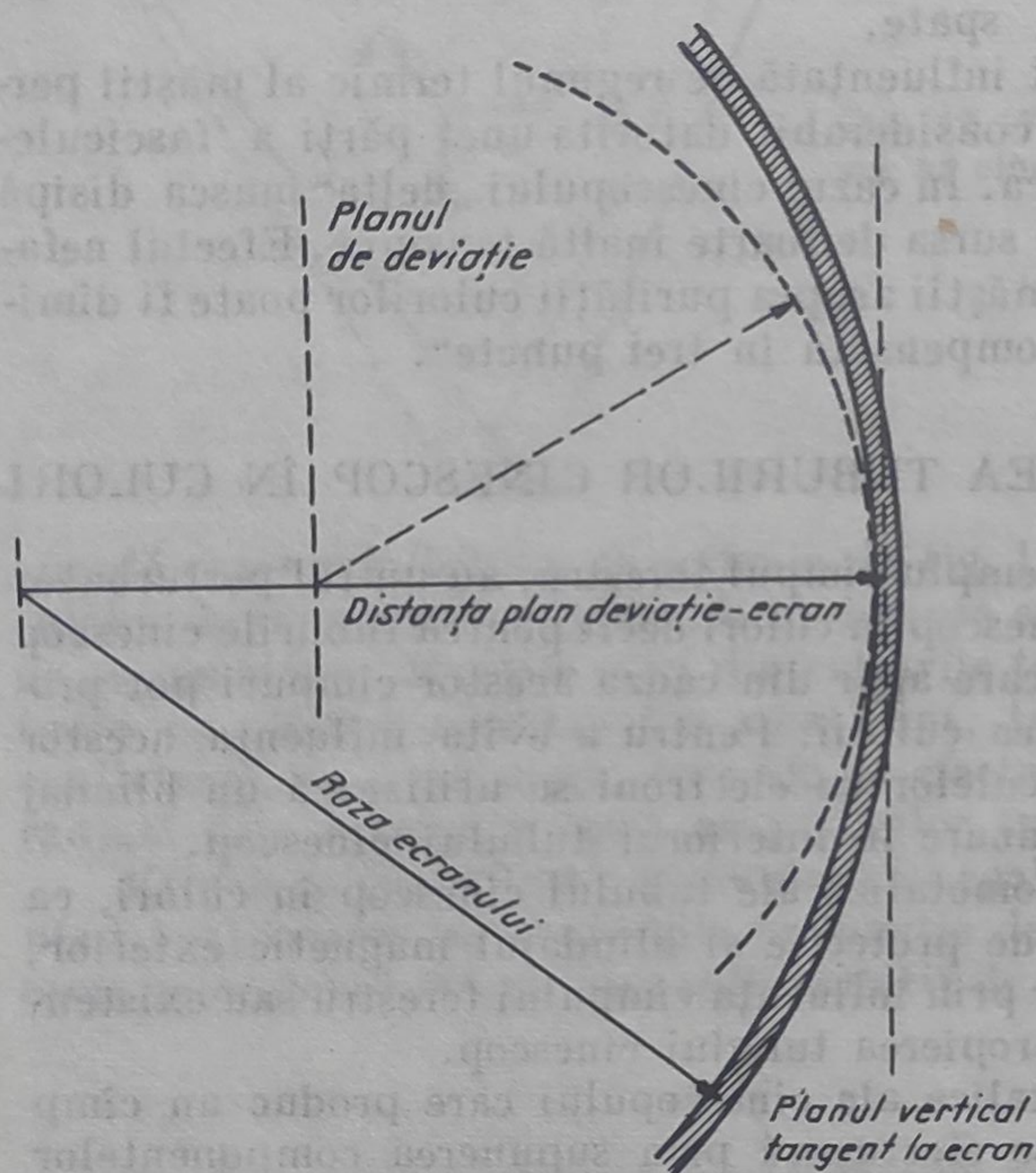
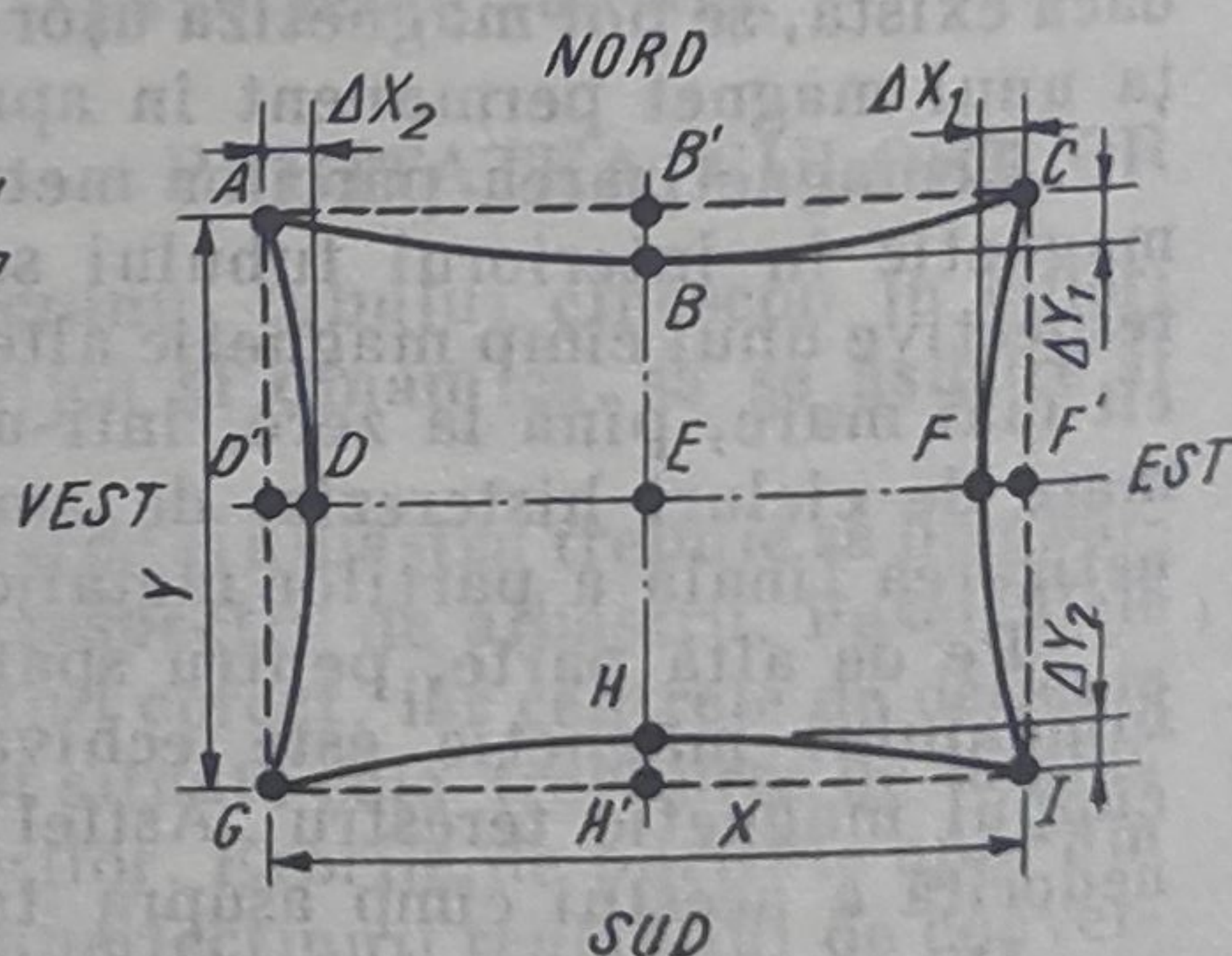


Fig. 12.20. Diferența între raza de curbură a ecranului și distanța punct de deflexie — ecran.

Fig. 12.21. Distorsiuni de rastru.



partea superioară și inferioară poartă denumirea de distorsiune de rastru „nord-sud“ (NS), în timp ce distorsiunea unor linii verticale, deci curbură rastrului în stînga și în dreapta poartă denumirea de distorsiune de rastru, „est-vest“ (EV).

Utilizînd notațiile din figura de mai sus, distorsiunile de rastru EV și NS pot fi exprimate în felul următor:

$$EV : C_V = \frac{\Delta X_1 + \Delta X_2}{X}$$

$$NS : C_H = \frac{\Delta Y_1 + \Delta Y_2}{Y}$$

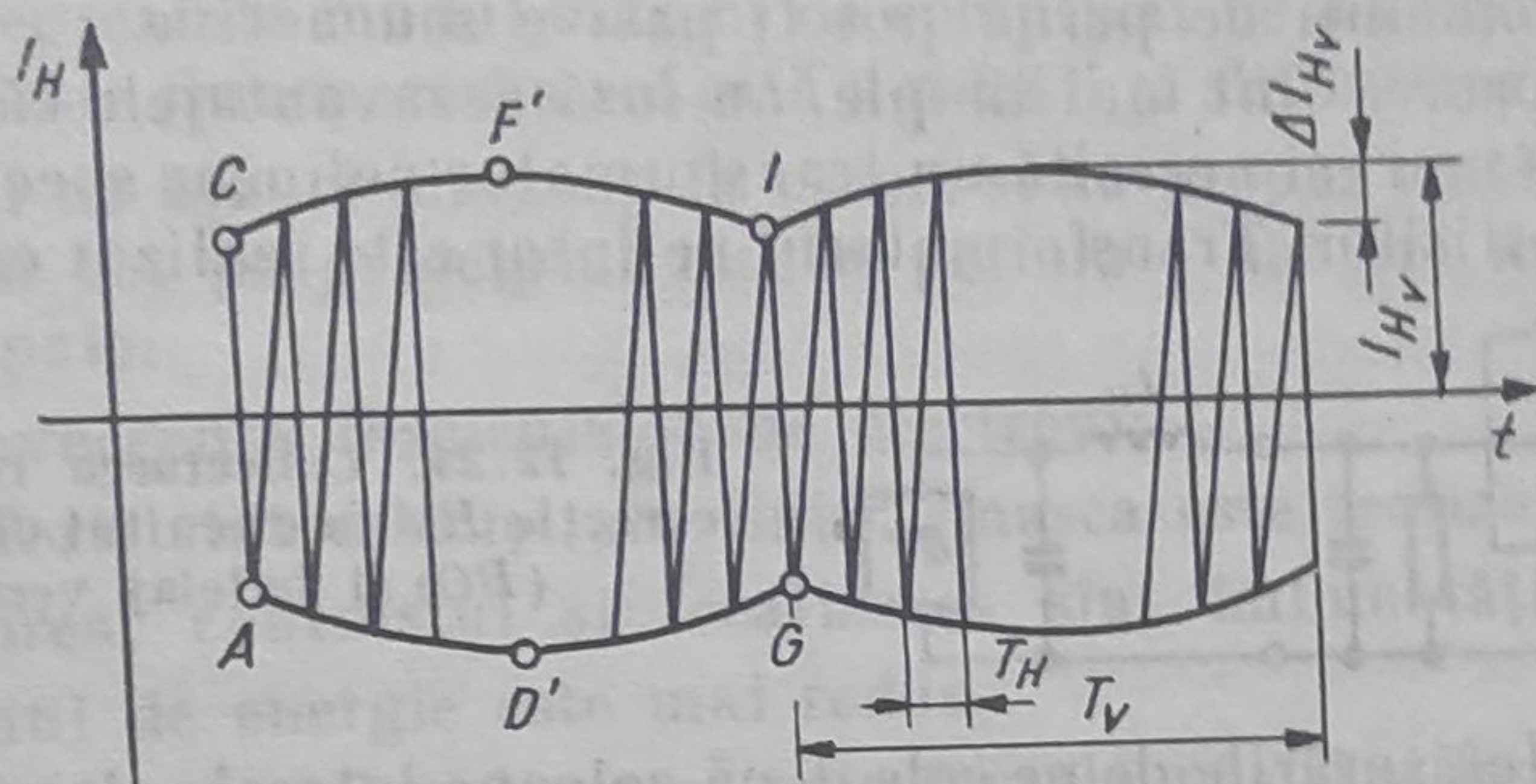


Fig. 12.22. Curent de deflexie linii modulată pentru corecție EV

În fig. 12.22 se indică alura necesară pentru curentul de deflexie linii I_H în scopul corecției de rastru EV. În cazul în care curentul de baleiaj linii ar avea amplitudinea constantă, lățimea imaginii ar fi la mijlocul ecranului DF' . Contururile în partea stângă și dreaptă (marcate prin A, D, G și C, F, I) vor avea forma unor parabole. Corecția acestor distorsiuni se va efectua utilizând pentru deflexia linii curenți în dinte de ferăstrău modulați cu un semnal de frecvență cadrelor, tot în formă de parabolă. Amplitudinea curentului de deflexie linii va corespunde la începutul semicadrului cu AC, la mijloc cu $D'F'$ iar la sfârșitul semicadrului cu GI.

În fig. 12.23 se prezintă alura necesară pentru curentul de deflexie cadre I_V , format în scopul corecției de rastru NS.

Prima linie a rastrului este parabola între A, B și C. Pentru a corecta curbura acestei linii este necesar ca la mijlocul liniei curentul de deflexie cadre să crească parabolic; alura lui urmînd să fie modificată din ABC în $AB'C'$.

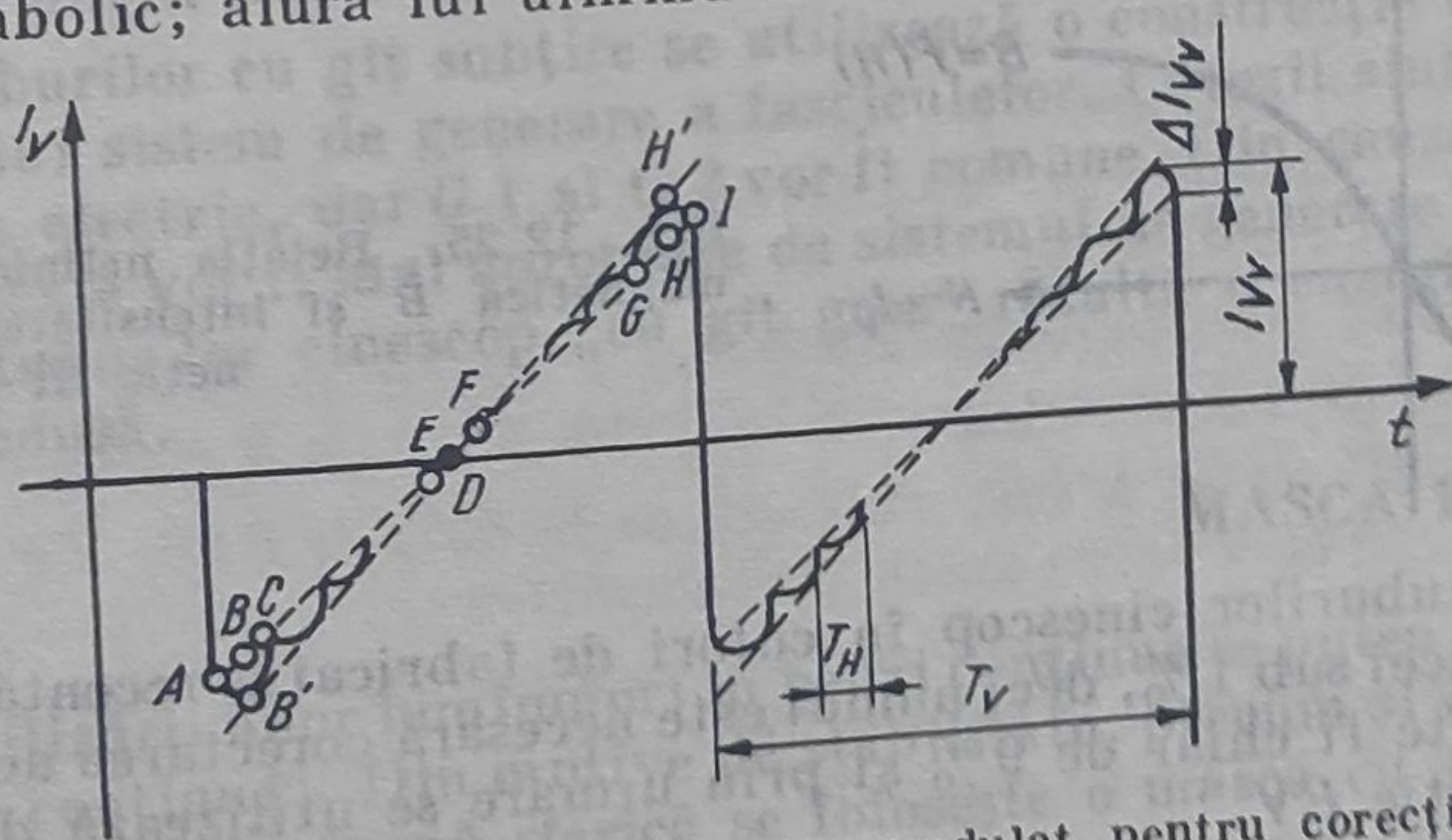


Fig. 12.23. Curent de deflexie cadre modulată pentru corecție NS.

Pentru linia de la mijlocul ecranului nu este nevoie de nici o corecție, NS deoarece ea trece prin punctele coliniare D, E și F. Pentru linia de jos a rastrului corespunzătoare parabolei GHI este necesar același curent de corecție ca în cazul liniei întii, doar de semn contrar. Curentul de deflexie cadre va fi modulată cu un curent de corecție parabolic, de frecvență liniilor, a cărui amplitudine va fi maximă la începutul și sfârșitul semicadrului și nulă la mijlocul acestuia.

Circuitele utilizate pentru modularea curenților de deflexie în scopul înlăturării distorsiunii de pernă pot fi pasive sau active.

Circuitele pasive sînt mai simple, au însă dezavantajele că nu pot corecta distorsiuni prea mari și necesită un transformator nelinear special, cu material feromagnetic costisitor. Transformatorul nelinear este realizat cu miez de ferită

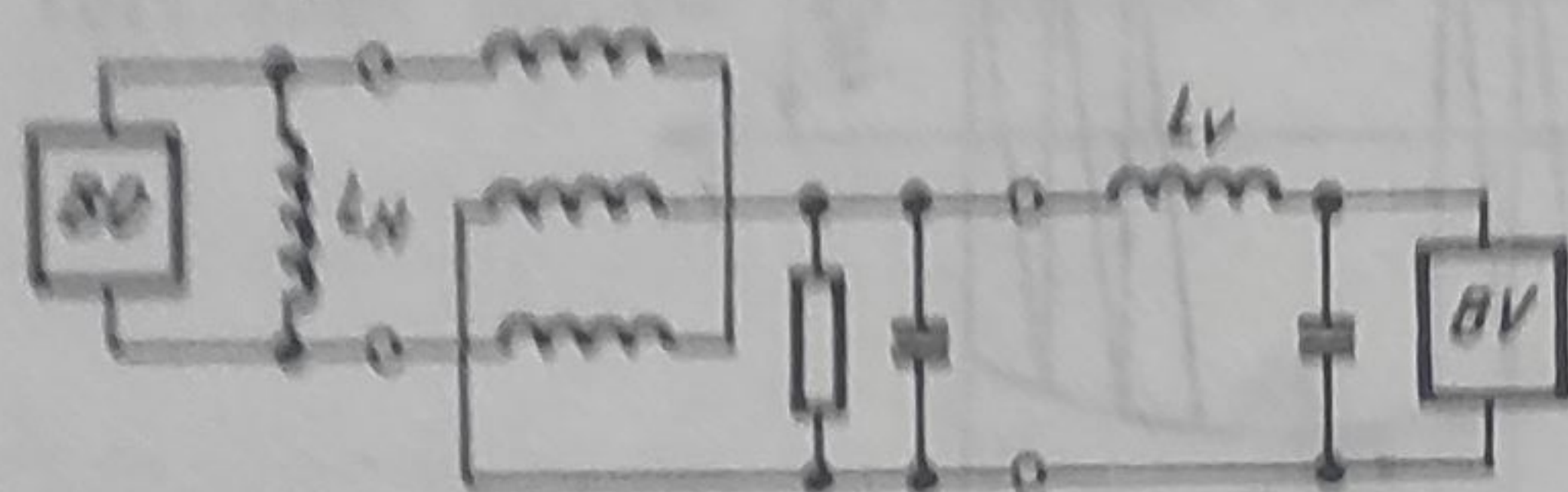


Fig. 12.24. Conectarea transductorului de corecție EV cu circuitul de baleiaj orizontal (BO) și baleiaj vertical (BV)

în formă de E. Înfășurările de pe cele două coloane laterale sînt legate în serie între ele, dar în paralel cu bobina de deflexie linii. Înfășurarea de pe coloana de mijloc este legată în serie cu bobina de deflexie cadre (fig. 12.24).

Principiul corecției EV se bazează pe caracteristica nelineară a curbei de magnetizare $B=f(H)$ (fig. 12.25). Permeabilitatea μ este

$$\mu = \frac{dB}{dH}$$

și se micșorează dacă crește intensitatea cîmpului magnetic. Din această cauză se va micșora inductivitatea înfășurării de linii a transductorului dacă crește curentul de deflexie cadre. Această „comandă în inductivitate” este utilizată pentru realizarea corecției EV.

Corecția NS nu se poate efectua după același principiu, deoarece curentul de deflexie cadre nu depinde de inductivitatea, ci de rezistența bobinei de deflexie cadre. Corecția NS se realizează cu ajutorul unei tensiuni induse în inductivitatea de cadre a transductorului în domeniul nelinear al caracteristicii de magnetizare, utilizîndu-se un flux magnetic diferențial de frecvența liniilor.

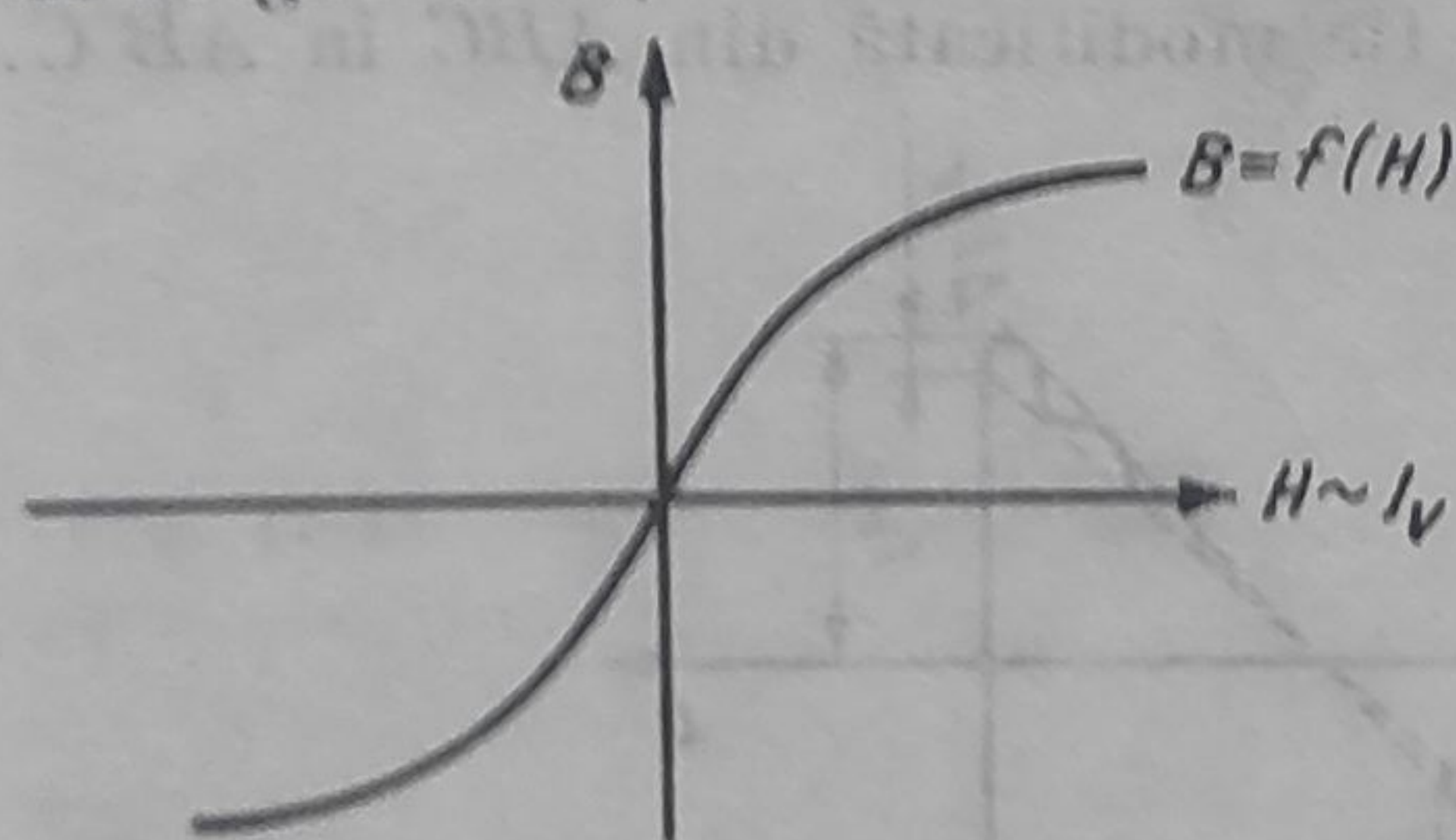


Fig. 12.25. Relația nelineară între inducția magnetică B și intensitatea cîmpului magnetic H.

În cazul tuburilor cinescop în culori de fabricație recentă, distorsiunea NS este de obicei sub 1%, deci numai este necesară corectarea acesteia. Distorsiunea EV poate fi chiar de 9% și prin urmare se utilizează deseori circuite active de corecție EV.

12.3. TUBUL CINESCOP TRICROM CU MASCĂ PERFORATĂ, CU LUMINOFORII DISPUȘI „ÎN LINIE” (IN LINE)

Cu toate că imaginile redatăe de tubul cinescop tricrom „delta” pot avea uneori o calitate remarcabilă, există unele neajunsuri de principiu ale acestui tub care nu pot fi înlăturate.

Cu toate îmbunătățirile aduse tuburilor „delta“ se constată că o dificultate permanentă o reprezintă modul extrem de complicat de a asigura convergența. Un alt neajuns este transparența scăzută a măștii și strălucirea insuficientă.

Fabricanții de tuburi cinescop în culori și-au propus realizarea unui tub care se bazează tot pe principiul măștii perforate dar are următoarele proprietăți principale:

- autoconvergența fasciculelor de electroni;
- luminoforii sînt dispuși „în linie“, masca este realizată cu fante;
- strălucirea, contrastul și focalizarea sînt îmbunătățite;
- consumul de energie este mai redus.

Traectoria fasciculelor, trecerea prin fantele măștii și incidența pe luminofori este ilustrată principial în fig. 12.26 (vezi planșe color).

Multe probleme tratate în cadrul descrierii tubului „delta“ rămîn valabile și pentru tuburile „In Line“. În cele ce urmează se vor expune doar problemele specifice legate de funcționarea și utilizarea acestui tub cinescop, fără a repeta ceea ce este identic sau similar cu cele descrise la tubul cinescop „delta“.

SISTEMUL DE GENERARE A FASCICULELOR DE ELECTRONI

Diferiți fabricanți de tuburi cinescop „In Line“ utilizează pentru aceste tuburi fie un gît gros de 36,5 mm, fie un gît subțire, de 29,1 mm diametru.

În cazul tuburilor cu gît gros, lentilele electrostatice ale sistemelor fasciculelor de electroni vor avea un diametru mai mare, focalizarea va fi mai bună. Din cauza distanței mai mari între cele trei tunuri electronice va rezulta un unghi de incidență relativ mare. Precizăm că unghiul de incidență este unghiul la care se intersectează cele trei fascicule de electroni la nivelul măștii perforate. Dacă acest unghi este mai mare se reglează mai ușor puritatea culorilor.

În cazul tuburilor cu gît subțire se utilizează o construcție unitară, compactă a întregului sistem de generare a fasciculelor. Catozii sînt separați din punct de vedere electric, dar G 1 și G 2 vor fi comune. Din cauza faptului că bobinele de deflexie vor fi mai apropiate de sistemul de generare a fasciculelor decît în cazul tuburilor cinescop „cu gît gros“ rezultă o energie de deflexie necesară mai redusă.

MASCA PERFORATĂ

În cazul utilizării unor luminofori în benzi continue se putea utiliza o mască tot „în fante continue“. Din motive de stabilitate, precum și în scopul de a putea realiza ecranul în formă sferică se folosește o mască cu fante discrete.

Masca este fixată printr-un sistem de compensare termică pentru a diminua influența temperaturii asupra purității culorilor. Practic s-a constatat că erorile de incidență datorită dilatării termice a măștii vor fi mai mari pentru zona aflată la mijlocul distanței între marginea ecranului care este „ținută“ de cadrul din bimetel și centrul acestuia unde nu există erori de incidență provocate de dilatarea termică. Aceste erori de incidență au fost mult micșorate prin utilizarea unei măști „superbombate“ în cazul căreia eroarea de incidență este mai mică la aceeași deviație de temperatură.

LUMINOFORII

Ecranul cu luminofori este realizat din benzi paralele, verticale.

Într-un tub de 66 cm, distanța între aceste benzi este de 0,265 mm. Distanța între două triade este de 0,795 mm. S-a constatat că pentru o imagine puțin saturată, componenta verde are cea mai însemnată contribuție la strălucirea și claritatea imaginii apreciată de telespectator. Din această cauză se alege ca fascicul „de mijloc” cel de verde, deoarece pentru acesta apar cele mai puține erori de incidență.

CREȘTEREA STRĂLUCIRII

Necesitatea realizării unor tuburi cinescop în culori cu strălucire mai mare este pe deplin justificată dacă se are în vedere că televizorul în culori se utilizează în ultimul timp foarte des și în timpul zilei, într-un mediu ambiant luminos.

Noile tuburi cinescop în culori, de strălucire ridicată realizează această îmbunătățire fără o pierdere de contrast, puritatea culorilor, uniformitatea redării albului, comportarea termică a măștii, definiție, constanța strălucirii pe tot ecranul și precizia redării culorilor.

Corespondentul obiectiv al strălucirii, luminanța, este egală cu intensitatea radiației luminoase, raportată la suprafață:

$$L = \frac{I}{S} \text{ și se măsoară în } \frac{Cd}{m^2}$$

Intensitatea radiației luminoase, a cinescopului măsurată în Cd , este dată de expresia

$$I = T_S \cdot a \cdot T_M \cdot I_f$$

unde

T_S exprimă transparența sticlei;

a exprimă randamentul transformării energiei fasciculului de electroni în energia radiației luminoase;

T_M exprimă transparența măștii;

I_f este curentul de fascicul.

Transparența sticlei a fost ridicată de la 0,52 la 0,68. Totuși nu se pierde din contrast, așa cum se va arăta mai departe.

Randamentul transformării energiei fasciculului de electroni în energia radiației luminoase poate fi îmbunătățit prin utilizarea unor substanțe de calitate superioară la realizarea ecranului, câștigul față de tuburile anterioare fiind de cca 10%.

Transparența măștii crește dacă se realizează o mască cu fante mai mari, ceea ce va contribui la excitarea unor suprafețe mai mari ale luminoforilor.

Distanța pe ecran cu care se poate deplasa spotul de electroni pe spațiul luminoforului excitat, fără a afecta calitatea, în special puritatea redării culorilor, se numește rezervă de incidență. Din fig. 12.27 (vezi planșe color) constatăm că rezerva de incidență poate fi considerată

$$R = LB - LS$$

În fig. 12.28 (vezi planșe color) se reprezintă simplificat modul în care au fost mărite fantele măștii la centrul ecranului, unde unghiul de deflexie este mic, efectele dilatărilor termice ale măștii sînt neglijabile și rezerva de incidență poate fi redusă. Altfel se petrec lucrurile spre partea periferică a ecranului. Acolo rezerva de incidență trebuie să fie suficient de mare pentru a asigura o puritate a culorilor neafectată de dilatare termică și de alte toleranțe. Această cerință se realizează prin mărirea distanței între benzile de luminofoar din aceste zone. În timp ce la mijlocul ecranului distanța între două fante alăturate ale măștii este de 0,76 mm, la margine distanța va fi cu 35% mai mare.

Se constată că prin reducerea rezervei de incidență la mijlocul ecranului precum și prin mărirea distanței între luminofoari la margine, păstrîndu-se rezerva de incidență necesară se realizează o transparență a măștii mai mare cu 20%. Definiția imaginii nu este afectată, deoarece diametrul fascicului de electroni este în continuare mai mare decît lățimea fantelor măștii.

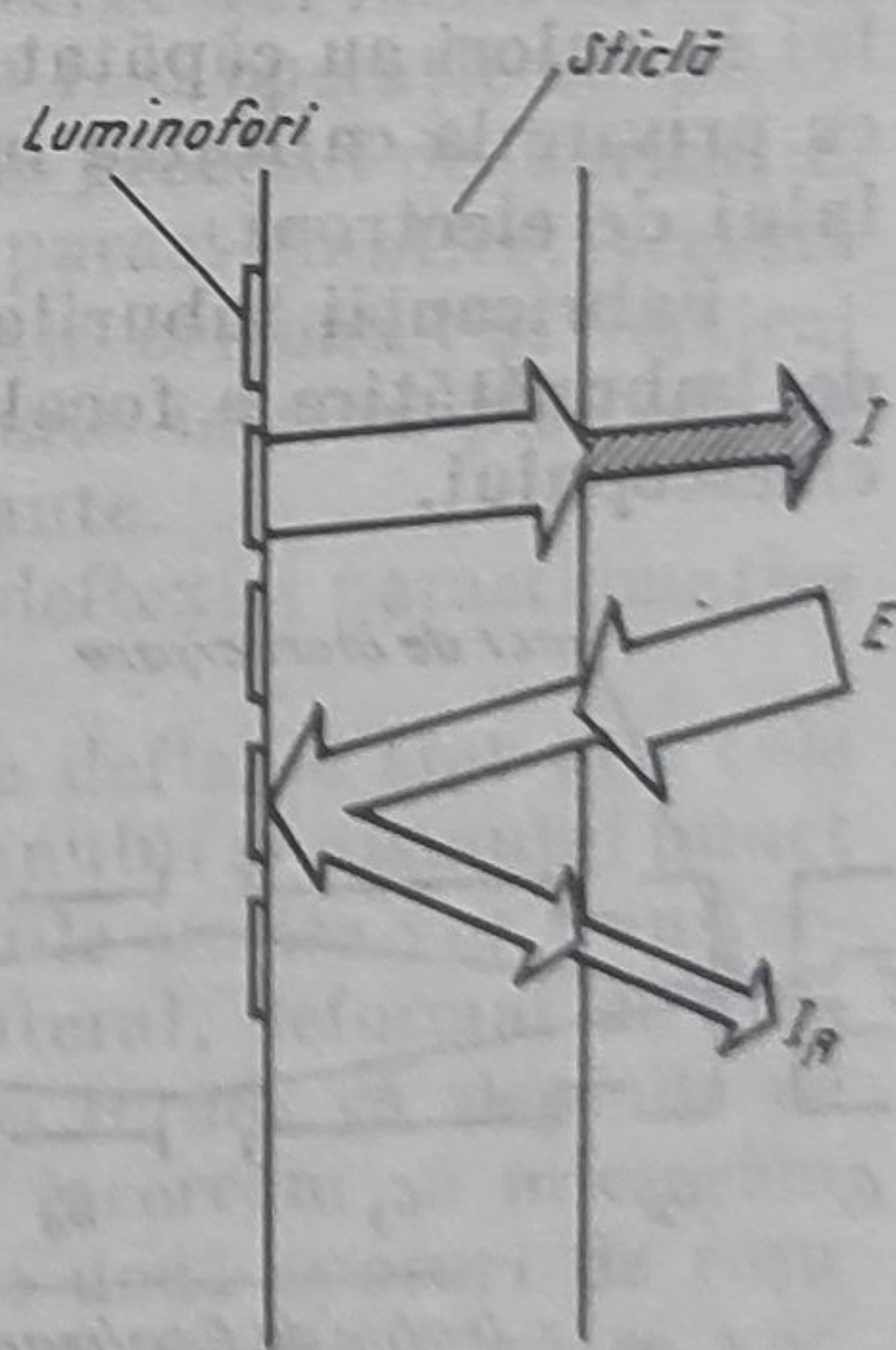
Curentul de fascicul I_f nu poate fi mărit prea mult pentru că va crește diametrul fascicului de electroni și se va înrăutăți claritatea imaginii.

Utilizîndu-se toate metodele descrise mai sus se realizează în prezent tuburi cinescop. „In Line“ a căror strălucire este cu 70% mai mare decît la tipurile premergătoare, caracterizîndu-se în același timp și prin îmbunătățirea contrastului, a clarității imaginii și a purității culorilor.

CREȘTEREA CONTRASTULUI

Contrastul imaginii poate fi exprimat ca raport între intensitatea luminoasă a unei porțiuni a ecranului care este excitată de fasciculul de electroni

Fig. 12.29. Radiația luminoasă proprie I , lumina incidentă a mediului ambiant E și lumina reflectată I_R .



și intensitatea corespunzătoare unei porțiuni neexcitate, care redă doar lumina reflectată a mediului ambiant.

$$K = \frac{I}{I_R}$$

Intensitatea luminoasă reflectată de ecran este (fig. 12.29).

$$I_R = E_A T_s^2 R_f b$$

unde

E_A este iluminarea (densitatea fluxului luminos pe o anumită arie iluminată) pe suprafața ecranului, produsă de mediul ambiant, măsurată în lx.

R_f — factorul de reflexie pe stratul de luminofor.

b — un coeficient fotometric.

Contrastul va fi dat de expresia:

$$K = \frac{T_S \cdot a \cdot T_M I_f}{E_A T_S R_f b}$$

Constatăm că contrastul va fi direct proporțional cu transparența măștii și invers proporțional cu transparența sticlei. În cazul măsurilor luate pentru ridicarea strălucirii tuburilor cinescop prin mărirea transparenței sticlei este de asemenea necesar să se aplice și metoda îmbunătățirii transparenței măștii pentru a păstra contrastul constant.

O metodă des utilizată pentru îmbunătățirea contrastului tuburilor cinescop în culori moderne este „pigmentarea luminoforilor”. Cîștigul se realizează prin reducerea factorului de reflexie a luminoforilor. Aceștia vor avea proprietăți de filtrare: luminoforul de roșu reflectă lumina roșie, celelalte componente spectrale fiind absorbite. Similar se comportă și luminoforul de albastru, în timp ce luminoforul de verde nu este „pigmentat”, deci nu are efect de filtrare. Prin această metodă se obține o creștere a contrastului cu cca 20%.

FOCALIZAREA FASCICULULUI DE ELECTRONI

Din cauza faptului că reprezentările alfanumerice pe ecranul televizorului în culori au căpătat o importanță deosebită, una din cerințele importante cu privire la calitatea imaginii redată a fost îmbunătățirea focalizării fascicului de electroni.

Fabricanții tuburilor cinescop în culori „In Line” au găsit unele metode de îmbunătățire a focalizării, fără a afecta puritatea culorii sau fiabilitatea cinescopului.

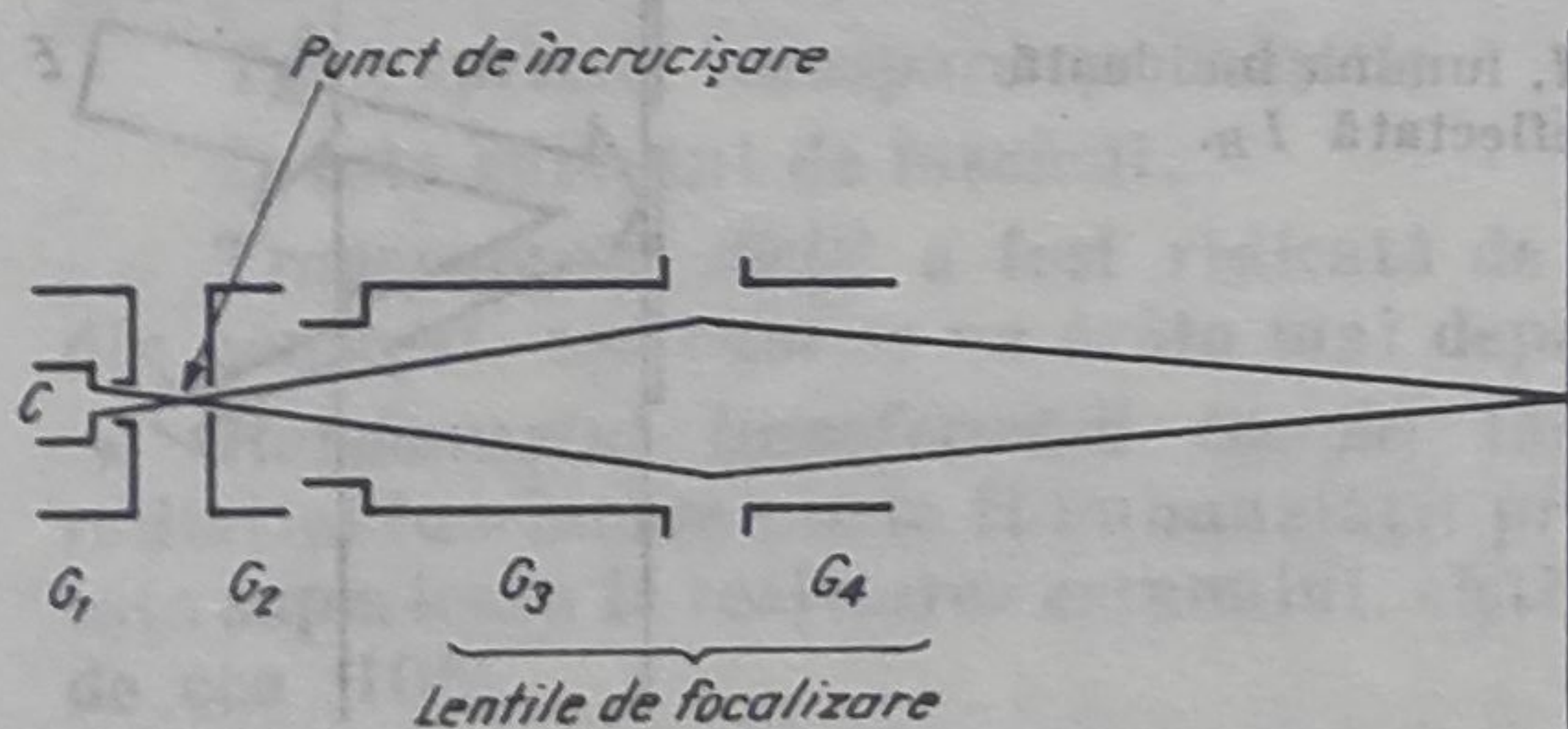


Fig. 12.30. Secțiune prin sistemul de producere a fasciculelor de electroni, cu focalizare îmbunătățită.

Spotul de electroni care rezultă pe ecran este de fapt o imagine a punctului de încrucișare a electronilor în spațiul G1-G2 (fig. 12.30). Din cauza faptului că în acest spațiu densitatea electronilor este mare și viteza este mică va avea loc fenomenul de respingere (de divergență) a electronilor. Pentru a înlătura acest efect, fabricantul tuburilor din familia „30 AX” realizează grila de comandă cu un orificiu format din două fante perpendiculare; încrucișarea electronilor numai este punctiformă, ci este formată din două linii perpendiculare,

densitatea electronilor este mai scăzută, deci fenomenul de respingere va fi mai neînsemnat. În același scop se utilizează în cazul tuburilor cinescop din generația „PIL-S4” un electrod G2 (grila de accelerare) de 4 ori mai gros decât la tubul obișnuit.

În ceea ce privește focalizarea propriu-zisă a fasciculului de electroni cu ajutorul electrodului G3, tuburile moderne se bazează pe un factor de mărire mai redus al lentilei de focalizare, aberații sferice mai reduse, în total o reducere cu 20% a diametrului spotului. În acest scop se utilizează un electrod G3 de cca 2 ori mai lung, precum și o tensiune de focalizare cu aproape 50% mai mare decât la tipurile anterioare (28% din tensiunea anodică, față de 18% la tuburi cu focalizare obișnuită).

DEFLEXIA ÎN TUBURILE CINESCOP „IN LINE”

În cazul unității de deflexie utilizate pentru tuburile „20 AX” și „30 AX” se folosesc atât pentru deflexia linii cât și deflexia cadre bobine „în șa”, realizate în tehnica bobinajului fascicular. Aceste unități de deflexie se montează pe gîtul tubului în fabrica de televizoare.

Unitatea de deflexie utilizată pentru tuburile „PIL-S4” este de tip „șă” pe linii și toroidală pe cadre. Această unitate de deflexie se fixează definitiv pe gîtul tubului încă din fabrica de cinescoape.

AUTOCONVERGENȚA FASCICULELOR DE ELECTRONI

Pentru a înlătura dificultățile legate de reglajul de convergență, tuburile cinescop moderne se bazează pe principiul autoconvergenței fasciculelor de electroni. Prin urmare, reglajul convergenței numai va fi o operație condiționată de sistemul în sine, ci doar de abaterile inerente din procesul de fabricație.

Autoconvergența se bazează pe principiul deflexiei parastigmatice. Această tehnică prevede ca astigmatismul cîmpurilor de deflexie orizontal și vertical să fie „dirijat” în așa fel încît cele trei fascicule situate într-un plan să fie autoconvergente pe întreaga suprafață a măștii cu fante.

Să presupunem că încercăm să aplicăm principiul deflexiei parastigmatice în cazul unui tub cinescop tricrom „delta”.

Aberațiile introduse de sistemul tub — unitate de deflexie sînt atât cele care se datorează diferenței între raza de curbură a ecranului și distanței punct deflexie-ecran, cât și aberațiile de astigmatism. Aberațiile sferice vor transforma punctul comun de incidență într-un triunghi echilateral, deformat de aberațiile de astigmatism într-un triunghi isoscel, a cărui formă va depinde de semnul astigmatismului. Să presupunem că în loc să încercăm să micșorăm astigmatismul îl vom face să crească. În acest caz cele două spoturi de roșu și verde se vor apropia din ce în ce mai mult, și în cele din urmă se vor confunda. Spotul de albastru s-a îndepărtat de punctul de incidență roșu-verde pe direcția verticală. Din cauza faptului că într-un tub cinescop „delta” tunul de albastru este deplasat „pe verticală” față de celelalte două tunuri, spotul de albastru nu se poate aduce în coincidență cu celelalte două, oricare ar fi forma cîmpurilor de deflexie.

Prin urmare, rezultă că un cîmp de deflexie parastigmatic, adică un cîmp care asigură autoconvergență printr-un astigmatism ales în mod adecvat poate fi realizat în cazul în care cele trei tunuri electronice, precum și cele trei spo-

turi care corespund unei triade numai vor fi dispuse în „delta“ ci vor fi așezate în același plan orizontal „în linie“.

În fig. 12.31 se observă modul cum influențează astigmatismul în direcția orizontală fasciculele emise de cele trei tunuri electronice situate în același plan. Din cauza faptului că sistemul celor trei fascicule nu are practic dimen-

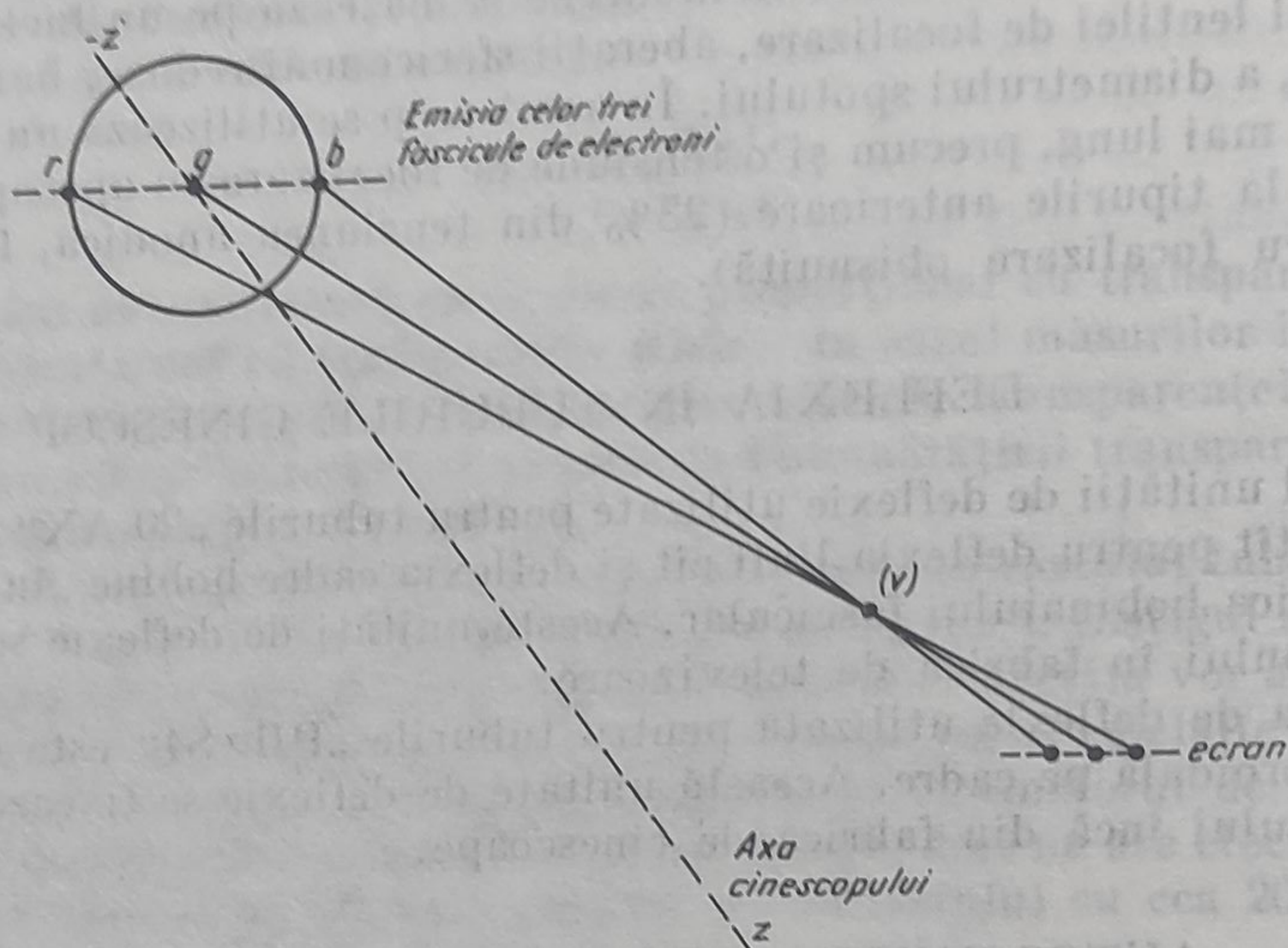


Fig. 12.31. Fascicule de electroni produse de un sistem „In Line“.

siune pe verticală, linia focală verticală se va transforma într-un singur punct. Autoconvergența poate fi realizată dacă câmpurile de deflexie pe orizontală și verticală vor avea o formă pronunțată de „pernă“, respectiv de „butoi“.

CORECȚIA TOLERANȚELOR AUTOCONVERGENȚEI

Chiar și tuburile cinescop autoconvergente necesită unele câmpuri magnetice corectoare pentru compensarea toleranțelor în fabricarea elementelor componente și în asamblarea tuburilor cinescop.

Vom prezenta modul de compensare a acestor toleranțe pentru cazul tuburilor cinescop „In Line“ din familia 20 AX.

Corecțiile statice se realizează cu ajutorul a două perechi de inele magnetice, dispuse pe gîtul tubului cinescop. O pereche de inele generează un câmp magnetic cu patru poli, care va deplasa cele două fascicule exterioare ale unei triade cu distanțe egale, dar în sens contrar. Cealaltă pereche generează un câmp „hexapol“ care deplasează aceste fascicule în același sens.

Corecțiile dinamice se realizează cu câmpuri magnetice tip „cuadripol“ care acționează chiar în planul de deflexie. Primul câmp tip „cuadripol“ are axele de-a lungul diagonalelor tubului și deplasează cele două fascicule extreme în sens invers în direcție orizontală. Acest câmp este generat cu ajutorul unei înfășurări toroidale dispuse chiar pe miezul bobinei de deflexie. Cel de-al doilea câmp „cuadripol“ are axele pe direcția orizontală și verticală a tubului și deplasează cele două fascicule extreme în sens contrar, pe direcția verticală. Spre deosebire de primul câmp de corecție dinamică, acesta din urmă nu este

generat de o înfășurare distinctă, ci este rezultatul modificării distribuției de curent în cele două jumătăți ale bobinei de deflexie.

În cazul tuburilor cinescop cu luminoforii dispuși în linie cu gît subțire distanțele între axele celor trei sisteme de generare a fasciculelor sînt mai mici, deci toleranțele inerente ale sistemului vor influența autoconvergența în mai mică măsură. Din această cauză tuburile cinescop „PIL-S4” de 90° și 110° nu au nevoie de corecții dinamice de convergență.

PURITATEA CULORILOR

Faptul că cele trei fascicule de electroni sînt situate în același plan orizontal, luminoforii sînt dispuși în benzi verticale și masca are fante verticale atrage după sine că pe direcția verticală nu pot apare erori de incidență.

Reglajul purității culorilor se va efectua doar în direcția orizontală.

Dacă ne referim în mod concret la tubul „20 AX”, se va utiliza o pereche de inele magnetice, dispuse tot pe gîtul tubului, care crează un cîmp magnetic bipolar, orientat în direcție verticală.

CIRCUIT DE DEMAGNETIZARE

Cîmpul magnetic alternativ, utilizat pentru demagnetizarea părților metalice ale tubului cinescop va fi generat de una sau două bobine de demagnetizare, montate pe circumferința exterioară a conului tubului cinescop. La fiecare pornire a televizorului va trece prin aceste bobine un curent alternativ de frecvența rețelei (de 50 Hz) care este la început foarte mare, urmînd ca după cca 5 secunde să scadă la o valoare mică, neglijabilă.

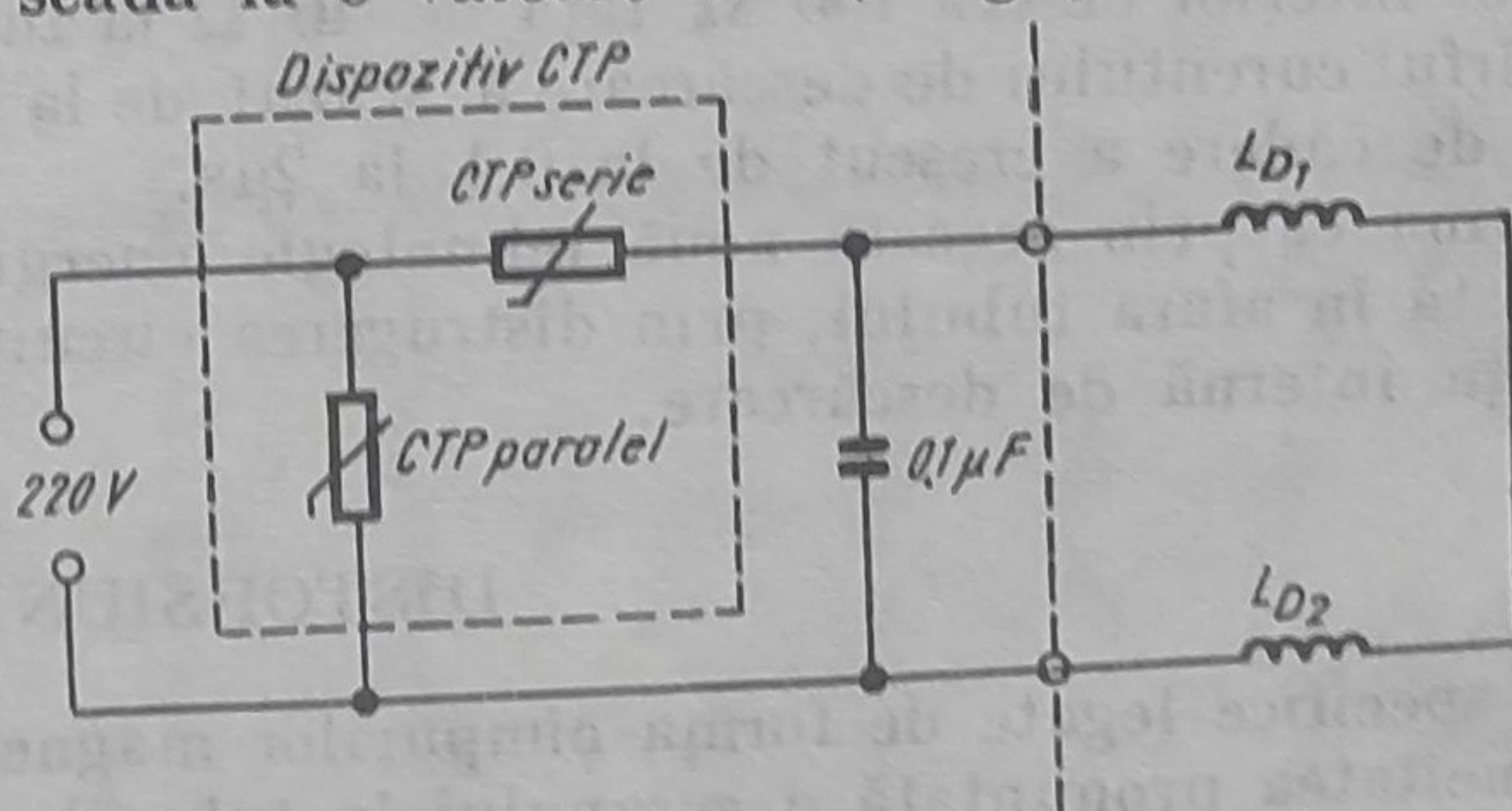


Fig. 12.32. Circuit de demagnetizare automată.

Un circuit de demagnetizare, utilizat pentru injectarea acestui curent în bobinele de demagnetizare este cel din fig. 12.32. Fiind utilizat pentru tubul cinescop în culori A66-500 X, cîmpul magnetic necesar este de cca 300 Asp. Bobinele conțin câte 60 de spire.

Curentul necesar pentru a demagnetiza tubul este de peste 10 Avv, urmînd ca după numai 5 secunde, curentul să scadă la cca 70 mA. Această condiție trebuie să fie îndeplinită practic cu ajutorul circuitului de demagnetizare.

Piesa cea mai importantă din acest circuit este „dispozitivul CTP” (CTP = coeficientul de temperatură pozitiv) realizat în două secțiuni separate. Acest dispozitiv are proprietatea principală că are „la rece” o rezistență proprie mică, și „la cald” o rezistență mai mare.

La orice pornire a televizorului, curentul prin CTP serie, LD_1 și LD_2 va fi foarte mare, deoarece ambele impedanțe sînt mici. Bobinele vor genera un cîmp puternic de demagnetizare. Din cauza curentului mare se încălzește dispozitivul CTP serie, impedanța crește și curentul de demagnetizare scade după cîteva secunde la o valoare neglijabilă. Elementul CTP paralel este la pornire de asemenea străbătut de un curent mare; fiind dispus foarte aproape, în aceeași carcasă cu dispozitivul CTP serie îl va încălzi pe acesta din urmă și va grăbi scăderea curentului absorbit de la rețea pentru demagnetizare. După cca 3 minute, curentul absorbit va fi sub 2 mA.

REDUCEREA EFECTULUI DESCĂRCĂRIILOR ÎN TUBUL CINESCOP

Tensiunea anodică foarte mare utilizată în cazul tuburilor cinescop reprezintă un pericol pentru eventuale descărcări electrice care pot apare între electrozi încărcăți electrostatic. Aceste descărcări pot fi foarte periculoase pentru tranzistoarele și circuitele integrate din televizor, deoarece acestea pot fi distruse din cauza apariției unor tensiuni de inducție.

O metodă de reducere a efectelor descărcărilor este dispunerea între electrozi și masă a unor eclatori care descarcă eventuale sarcini electrostatice spre masă.

Sursa principală a descărcărilor este sarcina stocată în capacitatea formată de straturile conductoare care se află în interiorul și exteriorul conului de sticlă. În ultimul timp fabricanții de tuburi cinescop au redus considerabil amplitudinea curentului de descărcare și au mărit timpul de creștere și de scădere a acestui curent prin introducerea unei rezistențe interne între anod și stratul conductor interior de cca 400 Ω față de 40 Ω la tuburi vechi. Prin acest procedeu, vîrfurile curentului de descărcare a scăzut de la 500—1000 A la 60 A, iar timpul de cădere a crescut de la 0,1 la 2 μ s.

Se poate afirma că prin această nouă tehnologie energia de descărcare nu se mai manifestă în afara tubului, prin distrugerea circuitelor, ci se consumă pe rezistența internă de descărcare.

DISTORSIUNI DE RASTRU

În condițiile specifice legate de forma cîmpurilor magnetice de deflexie precum și de planeitatea pronunțată a ecranului la tuburile de 110° rezultă distorsiuni de rastru est-vest de cca 14%, în timp ce distorsiunile nord-sud sînt de obicei de cca 1%.

Din cauza faptului că distorsiunea EV este greu de corectat cu ajutorul unor circuite pasive se utilizează de obicei circuite de modulare active.

În cele ce urmează se va descrie un circuit utilizat pentru corecția activă de rastru EV, prezentat în fig. 12.33.

Această corecție se bazează pe modularea curentului care circulă prin bobina de deflexie linii cu un semnal în formă de parabolă, format dintr-un semnal provenit din etajele de baleiaj cadre în etajul de comandă EV. Din cauza faptului că acest circuit conține cele două diode $D1$ și $D2$ poartă denumirea de modulator cu diode; schema acestuia fiind prezentată în fig. 12.34.

Se constată că tensiunea între armăturile condensatorului C_{s1} este tocmai tensiunea de alimentare E_A , în timp ce tensiunea pe C_{s2} este egală cu semnalul de modulație E_m .

Pe durata cursei directe a baleiajului linii atât tranzistorul T_1 cât și diodele D_1 și D_2 vor avea o impedanță proprie mică. Circuitul echivalent devine cel prezentat în fig. 12.35. a. În timpul cursei inverse, T_1 , D_1 și D_2 vor fi blocate, circuitul echivalent fiind cel din fig. 12.35. b.

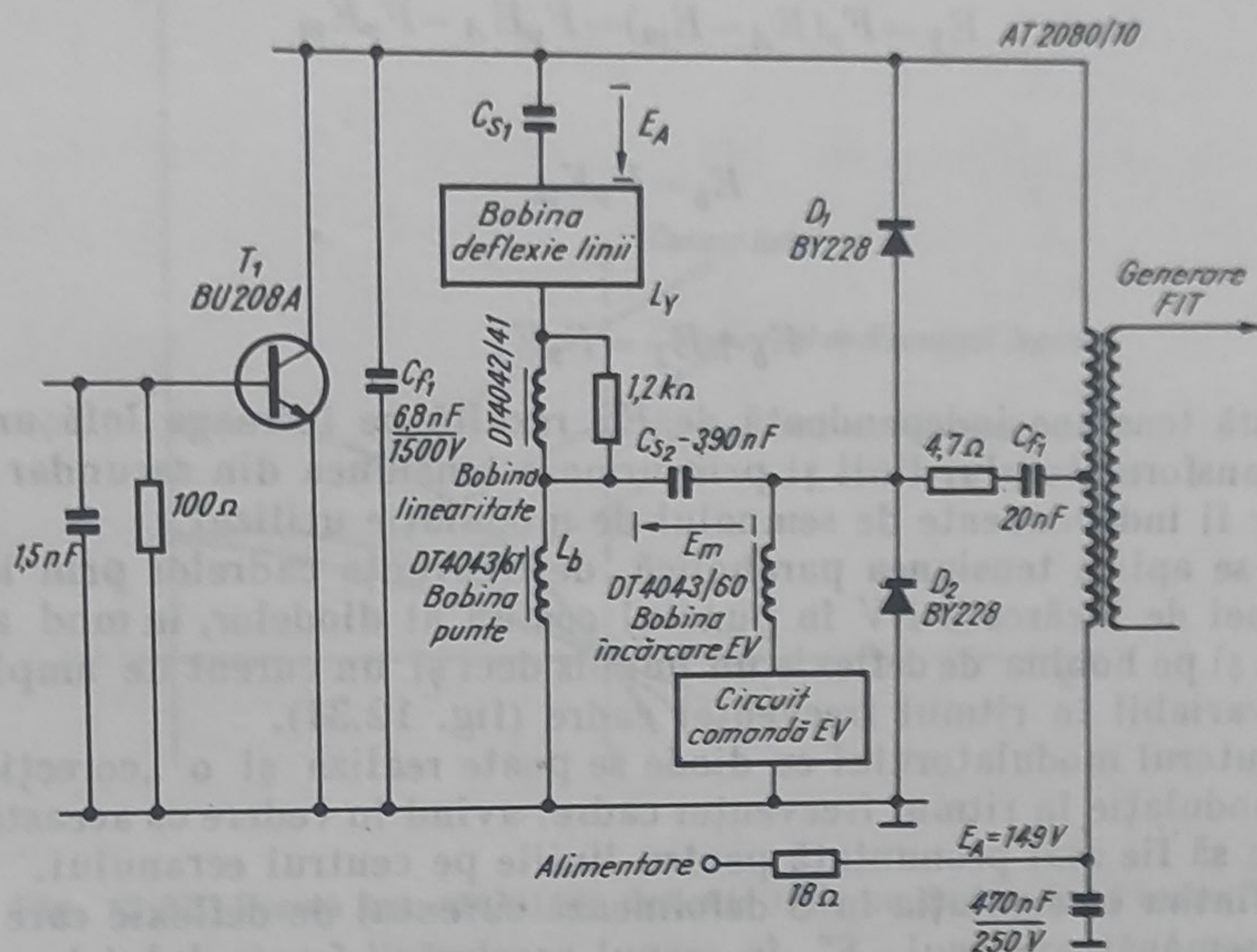


Fig. 12.33. Circuit practic de corecție activă EV, realizat cu un „modulator cu diode”.

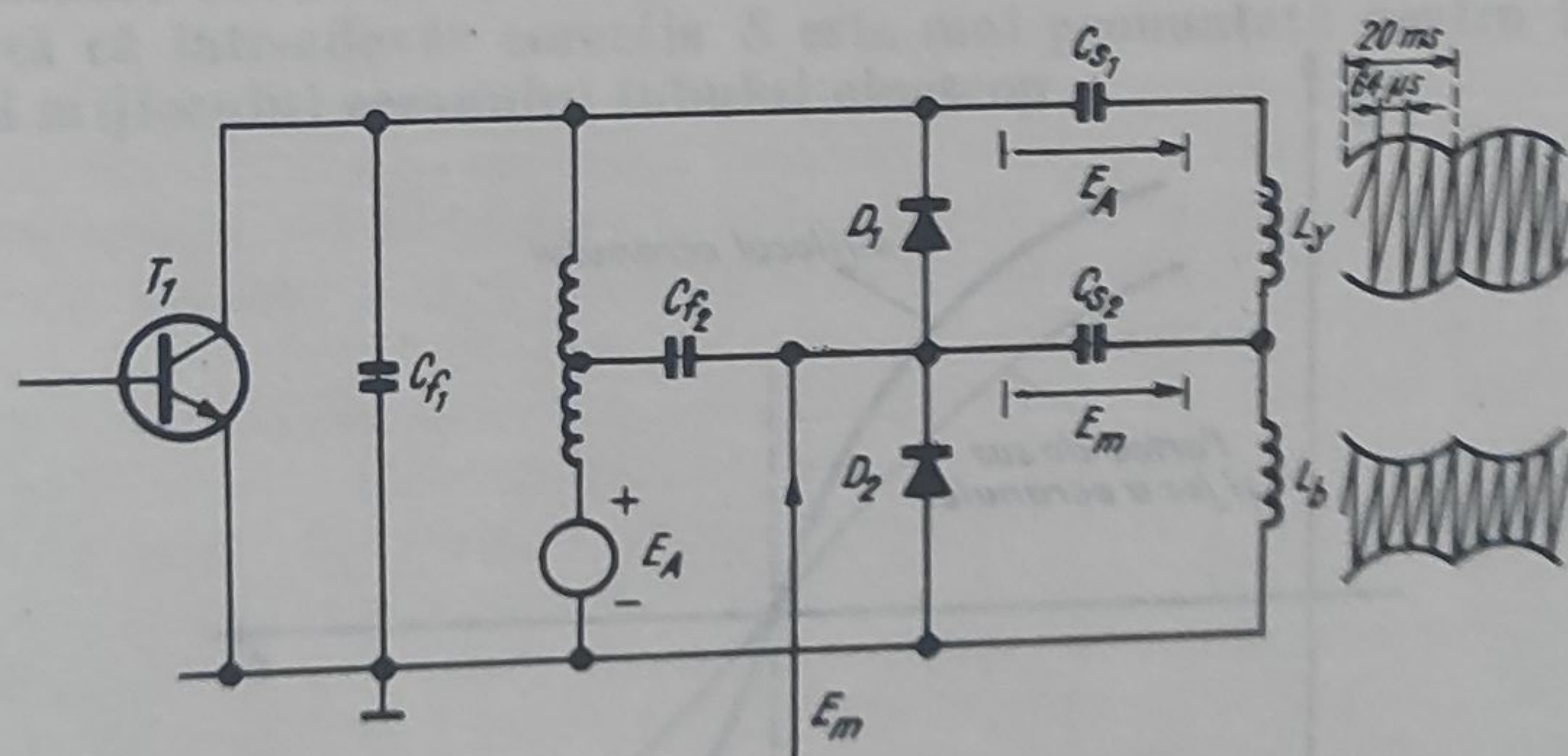


Fig. 12.34. Schema modulatorului cu diode.

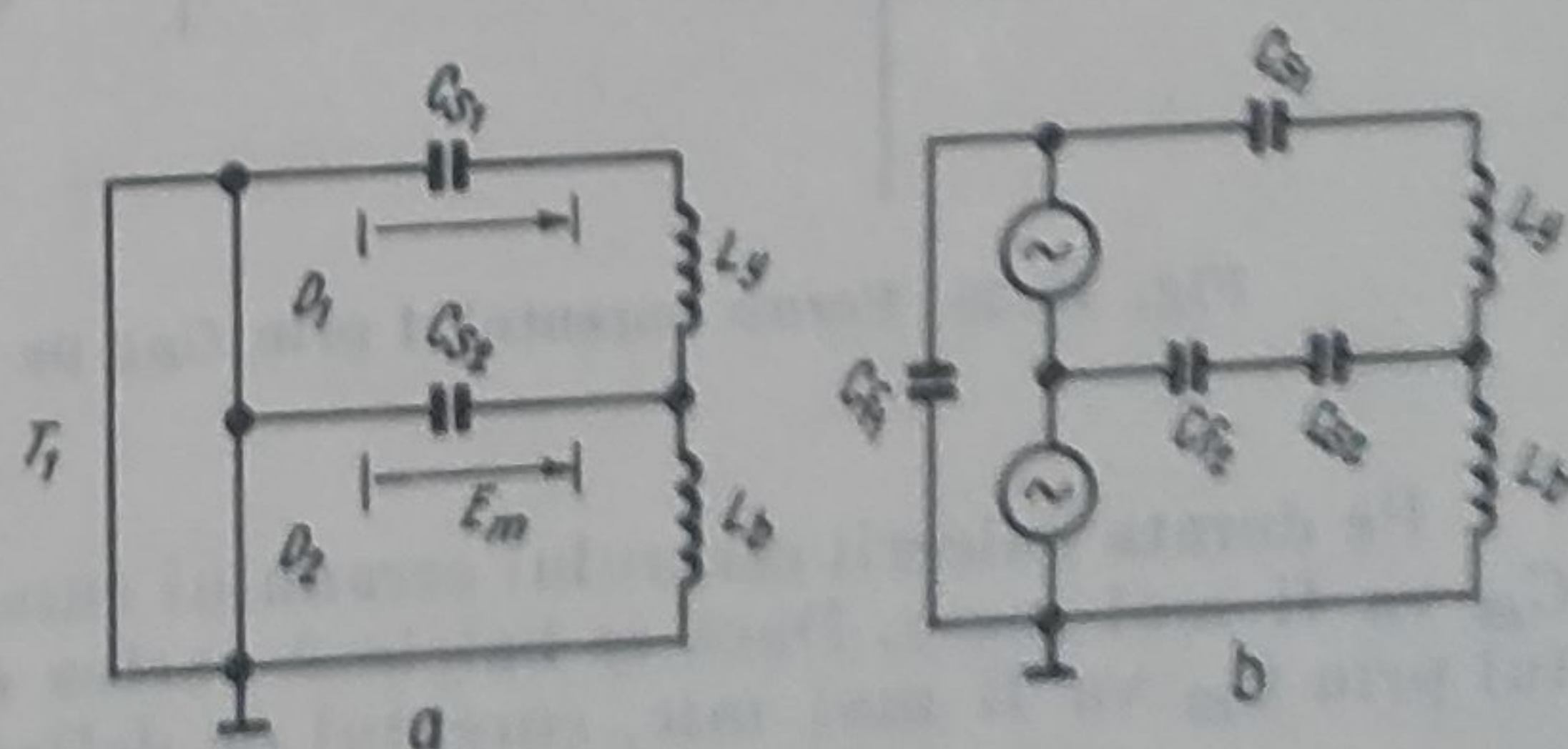


Fig. 12.35. Circuit echivalent al modulatorului cu diode; a - pe durata cursei directe linii; b - pe durata întoarcerii linii.

Dacă notăm cu E_Y și E_b amplitudinile impulsurilor de întoarcere linii rezultante pe inductibilitățile L_Y și L_b (notate conform fig. 12.33) și cu F_p raportul între impulsul de întoarcere și tensiunea pe timpul cursei directe, rezultă

$$E_Y = F_p(E_A - E_m) = F_p E_A - F_p E_m$$

Deoarece

$$E_b = F_p E_m$$

rezultă

$$E_b + E_Y = F_p E_A$$

Această tensiune independentă de E_m rezultă pe întreaga înfășurare primară a transformatorului linii și prin urmare tensiunea din secundar precum și FIT vor fi independente de semnalul de modulație utilizat.

Dacă se aplică tensiunea parabolică, de frecvența cadrelor prin intermediul bobinei de încărcare EV în punctul comun al diodelor, în mod automat va rezulta și pe bobina de deflexie un impuls deci și un curent de amplitudine diferită, variabil în ritmul frecvenței cadre (fig. 12.34).

Cu ajutorul modulatorului cu diode se poate realiza și o „corecție de S” printr-o modulație în ritmul frecvenței cadre, avînd în vedere că această corecție trebuie să fie mai pronunțată pentru liniile pe centrul ecranului.

Reamintim că corelația în S deformează curentul de deflexie care capătă o formă asemănătoare unui „S”, în scopul accelerării fasciculului la mijlocul ecranului, evitîndu-se astfel erori de linearitate.

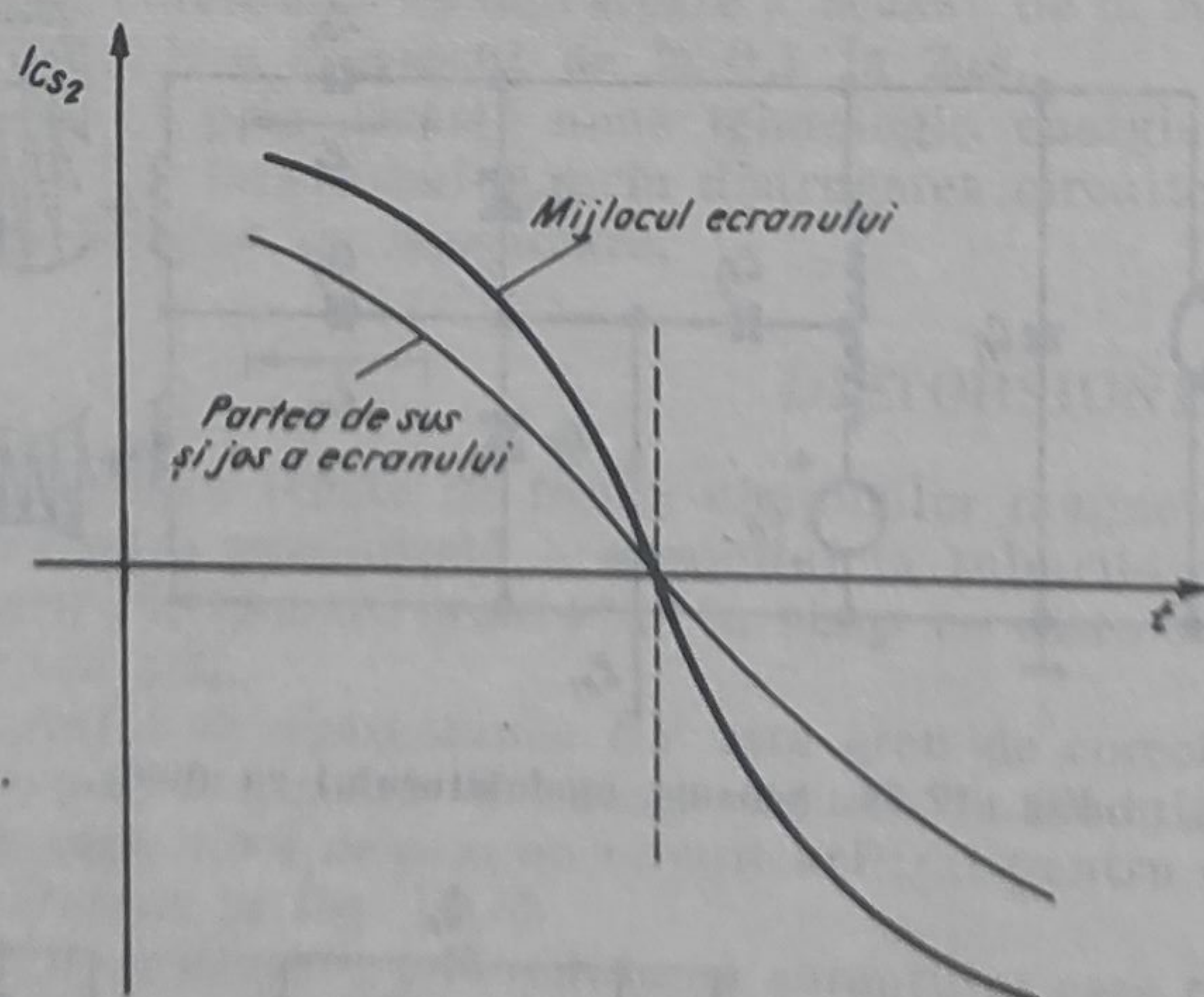


Fig. 12.36. Forma curentului prin C_{DL} pe durata unui cadru TV.

Pe durata baleerii centrului ecranului curentul de deflexie și curentul prin C_{s2} va fi mai mare. Dacă se baleiază partea de sus și jos a ecranului curentul prin C_{s2} va fi mai mic, curentul de deflexie fiind format în principal de

curentul care circulă prin C_{n1} (fig. 12.36). Diferența între curenții corespunzători celor două situații extreme circulă prin urmare prin C_{n2} . Dacă C_{n2} va fi ales suficient de mic față de C_{n1} , această diferență de curent va fi de frec-

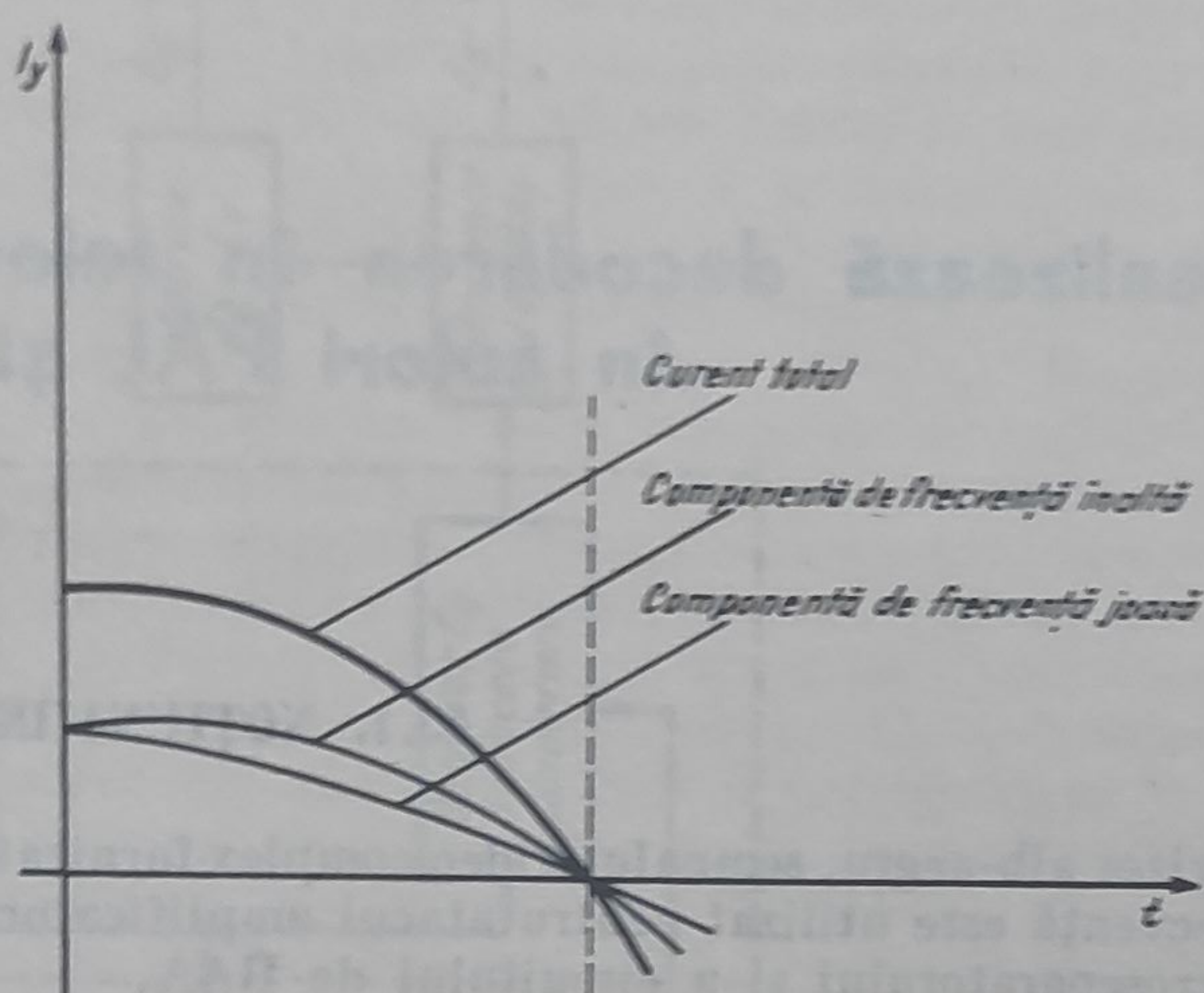


Fig. 12.37. Forma curentului de deflexie linii pe durata unui cadru TV.

vență ridicată. Curentul de deflexie rezultat este reprezentat în fig. 12.37. Se constată că într-adevăr corecția S este mai pronunțată pentru liniile care corespund mijlocului ecranului tubului cinescop.

Cum se realizează decodarea în televizoarele în culori PAL și SECAM

13.1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE

Într-un televizor alb-negru, semnalul video complex furnizat de demodulatorul de videofrecvență este utilizat pentru atacul amplificatorului de videofrecvență, a sincroseparatorului și a circuitului de RAA.

În cazul televizorului în culori, semnalul video complex color este utilizat și pentru extragerea informației de culoare cu ajutorul decodorului de culoare.

Decodorul de culoare extrage semnalul complet de crominanță din semnalul video complex color, separă semnalul de sincronizare a culorii de semnalele de crominanță, separă semnalele de crominanță între ele, demodulează cele două semnale de crominanță și furnizează la ieșire cele trei semnale diferență de culoare $E_R - E_Y$, $E_B - E_Y$ și $E_G - E_Y$.

Decodorul de culoare cuprinde și un circuit de generare a unei tensiuni destinate blocării automate a culorii. Această tensiune este utilizată pentru anularea semnalelor de ieșire ale decodorului și reducerea la „alb-negru” a imaginii redată, dacă condițiile de recepție numai asigură redarea unei imagini în culori de calitate satisfăcătoare.

Din cauza faptului că schema bloc, funcționarea și realizarea practică a decodoarelor de culoare depind în mare măsură de sistemul de televiziune în culori, conform căruia a fost format semnalul complet de crominanță, decodoarele de culoare NTSC, PAL și SECAM vor avea deosebiri esențiale.

Avînd în vedere că în cap. 7 a fost prezentată structura principală a decodorului NTSC, și avînd în vedere importanța relativ redusă a acestui sistem pentru țara noastră, se vor prezenta în cele ce urmează detalii legate doar de circuitele de decodare destinate funcționării în sistemele PAL și SECAM.

13.2. DECODORUL DE CULOARE PAL

Deoarece sistemul de televiziune în culori PAL are multe aspecte comune cu sistemul NTSC, și decodorul PAL va avea o structură asemănătoare și unele blocuri funcționale similare cu cele corespunzătoare din decodorul NTSC.

În cele ce urmează se vor prezenta în mod special aspectele legate de schema bloc a decodorului de culoare PAL utilizat pentru echiparea televizoarelor în culori (fig. 13.1). Modul cum se realizează separarea semnalelor de cro-

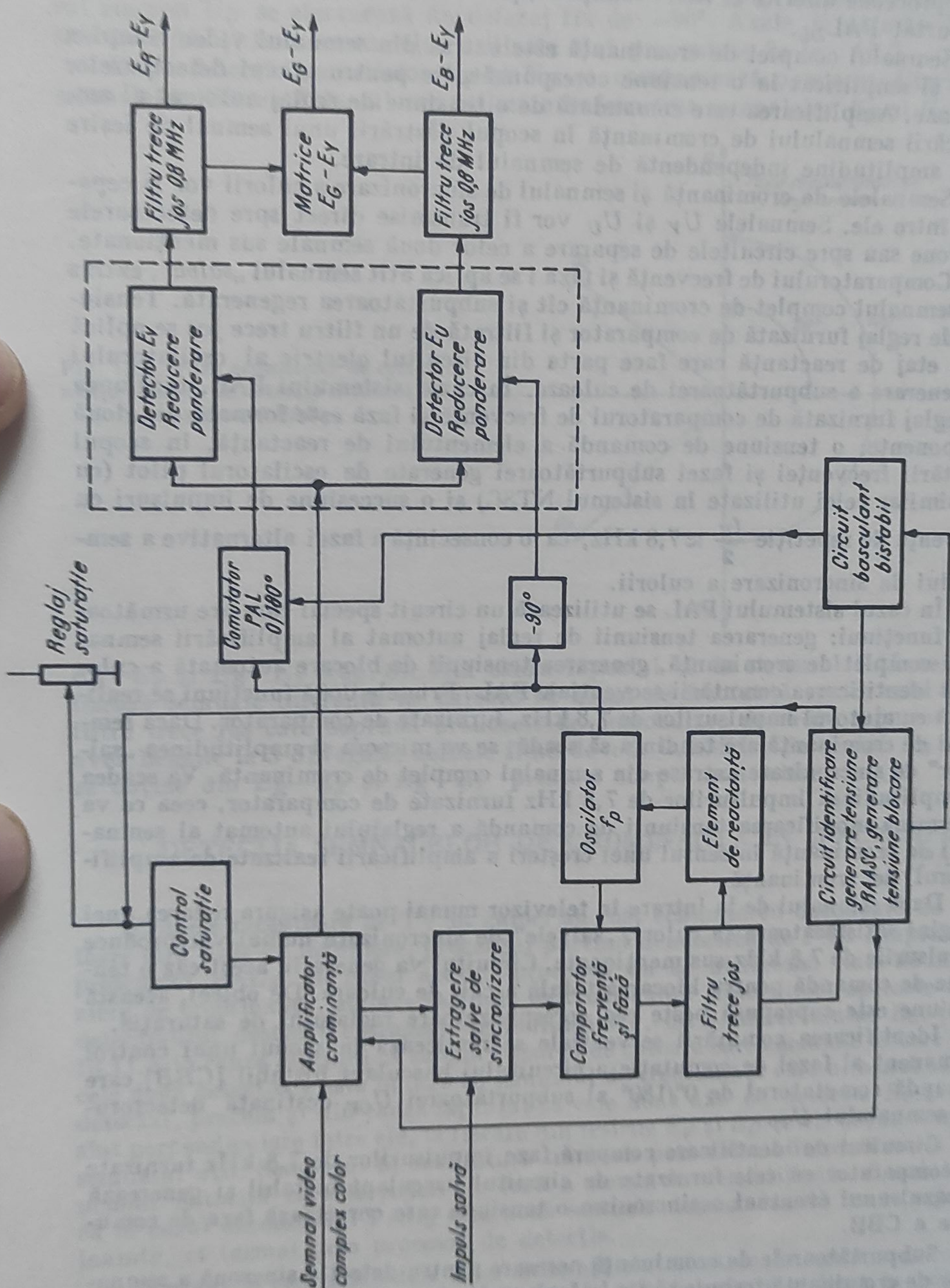


Fig. 13.1. Schema bloc a decodului de culoare PALs.

manță și demodularea acestora va fi prezentat separat, deoarece aici se disting două procedee diferite „PAL — simplu“, prescurtat PAL_S și „PAL standard“ prescurtat PAL_{DL}.

Semnalul complet de cromaticitate este extras din semnalul video complex color și amplificat la o tensiune corespunzătoare pentru atacul detectoarelor sincrone. Amplificarea este comandată de o tensiune de reglaj automat al amplificării semnalului de cromaticitate în scopul păstrării unui semnal de ieșire cu o amplitudine independentă de semnalul de intrare.

Semnalele de cromaticitate și semnalul de sincronizare a culorii vor fi separate între ele. Semnalele U_V și U_U vor fi transmise direct spre detectoarele sincrone sau spre circuitele de separare a celor două semnale sus menționate.

Comparatorului de frecvență și fază i se aplică atât semnalul „salvă“, extras din semnalul complet de cromaticitate cât și subpurtătoarea regenerată. Tensiunea de reglaj furnizată de comparator și filtrată de un filtru trece jos se aplică unui etaj de reactanță care face parte din circuitul electric al oscilatorului de generare a subpurtătoarei de culoare. În cazul sistemului PAL, tensiunea de reglaj furnizată de comparatorul de frecvență și fază este formată din două componente: o tensiune de comandă a elementului de reactanță, în scopul ajustării frecvenței și fazei subpurtătoarei generate de oscilatorul pilot (cu rol similar celei utilizate în sistemul NTSC) și o succesiune de impulsuri cu frecvența de repetiție $\frac{f_H}{2} \approx 7,8 \text{ kHz}$, ca o consecință a fazei alternative a semnalului de sincronizare a culorii.

În cazul sistemului PAL se utilizează un circuit special care are următoarele funcțiuni: generarea tensiunii de reglaj automat al amplificării semnalului complet de cromaticitate, generarea tensiunii de blocare automată a culorii și identificarea comutării secvențiale PAL. Primele două funcțiuni se realizează cu ajutorul impulsurilor de 7,8 kHz, furnizate de comparator. Dacă semnalul de cromaticitate are tendința să scadă, se va micșora și amplitudinea „salvelor“ de sincronizare extrase din semnalul complet de cromaticitate. Va scădea și amplitudinea impulsurilor de 7,8 kHz furnizate de comparator, ceea ce va determina modificarea tensiunii de comandă a reglajului automat al semnalului de cromaticitate în sensul unei creșteri a amplificării realizate de amplificatorul de cromaticitate.

Dacă semnalul de la intrare în televizor numai poate asigura redarea unei imagini satisfăcătoare în culori, „salvele“ de sincronizare numai vor produce impulsurile de 7,8 kHz sus menționate. Circuitul va genera în acest caz o tensiune de comandă pentru blocarea totală a căii de culoare. De obicei, această tensiune este suprapusă peste cea corespunzătoare reglajului de saturație.

Identificarea comutării secvențiale se realizează în scopul unui control permanent al fazei de comutație a circuitului basculant bistabil [CBB] care comandă comutatorul de $0^\circ/180^\circ$ al subpurtătoarei U_{OV} destinată detectorului semnalului U_V .

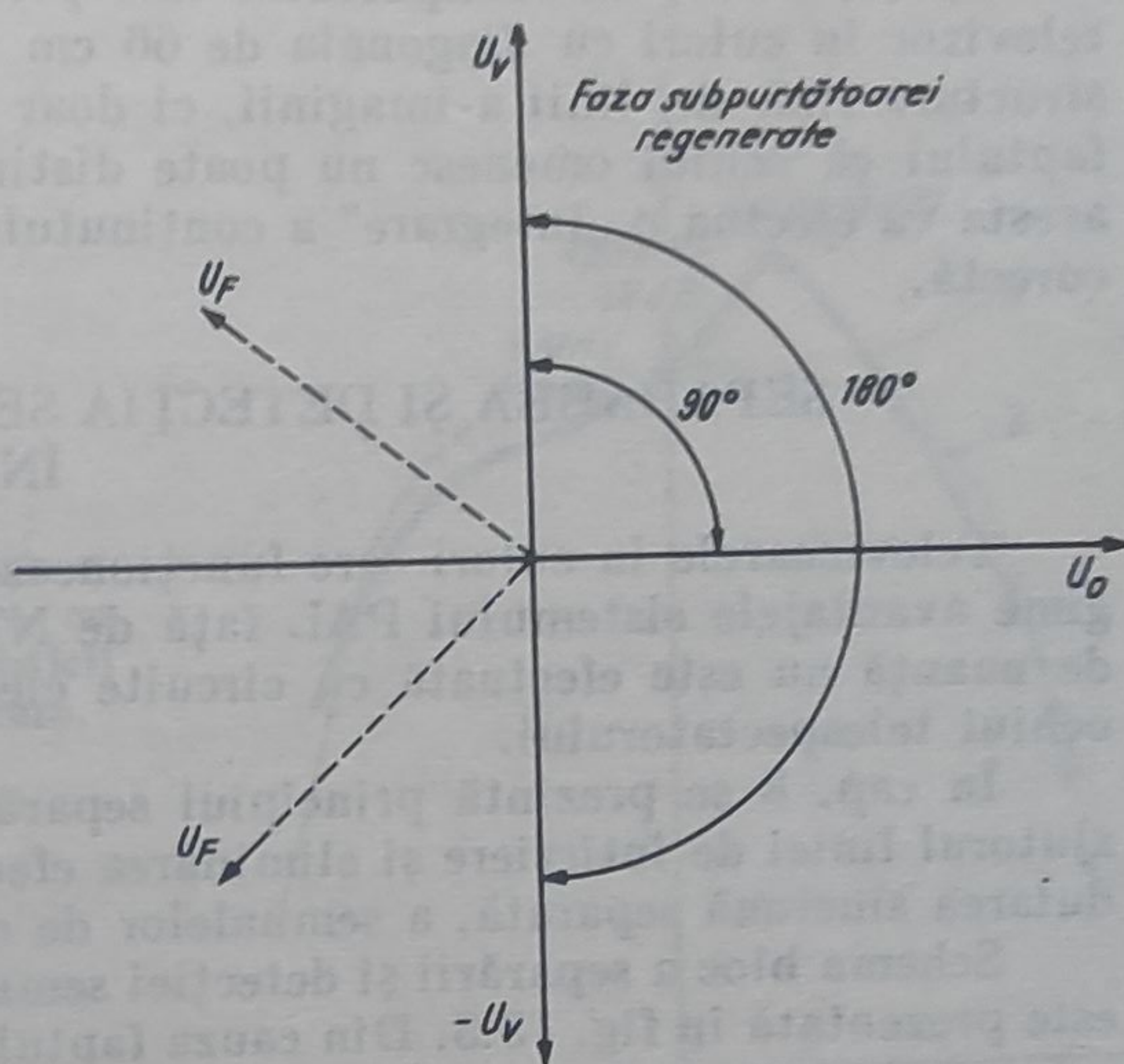
Circuitul de identificare compară faza impulsurilor de 7,8 kHz furnizate de comparator cu cele furnizate de circuitul basculant bistabil și generează în cazul unui eventual nesincronism o tensiune care corectează faza de comutație a CBB.

Subpurtătoarele de cromaticitate necesare pentru detecția sincronă a semnalelor de cromaticitate trebuie să fie în fază cu U_V respectiv U_U . Avînd în vedere faptul că subpurtătoarea la ieșirea oscilatorului pilot va fi defazată cu -90°

față de faza medie a semnalului de sincronizare color, pentru detectorul semnalului U_V va fi necesară doar comutarea de $0/180^\circ$, în timp ce pentru detectorul sincron U_U se efectuează un defazaj fix de -90° . Axele de detecție folosite în PAL și faza semnalelor utilizate sînt prezentate în fig. 13.2.

După detecția semnalelor U_V și U_U se compensează ponderea diferită a semnalelor diferență de culoare utilizate la formarea semnalelor E_U și E_V din

Fig. 13.2. Faza semnalelor de crominanță și axele de detecție utilizate în sistemul PAL.



$E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ (cap. 8). Din cauza faptului că în sistemul PAL se utilizează semnale diferență de culoare cu benzi de frecvență egale, cele două filtre trece jos care suprimă produsele de demodulare de ordin superior vor avea benzile la 3 dB egale, ambele fiind de cca 0,8 MHz. Semnalul $E_G - E_Y$ se obține din $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ printr-o simplă matriciere.

DETECȚIA SEMNALELOR DE CROMINANȚĂ ÎN „PAL-SIMPLU” (PAL_S)

Primele receptoare de TV în culori au fost echipate cu decodoare de culoare fără linie de întârziere, procedeul purtînd denumirea de PAL simplu sau prescurtat PAL_S. În cazul acestui procedeu nu se utilizează linia de întârziere de crominanță, ambele semnale de crominanță fiind direct aplicate atît detectorului destinat extragerii semnalului E_V , cît și detectorului E_U (fig. 13.1). Din cauza faptului că subpurtătoarea de culoare care comandă fiecare din cele două detectoare este în fază cu semnalul de crominanță care urmează să fie detectat, precum și din cauza faptului că cele două axe de detecție E_V și E_U sînt perpendiculare între ele, la fiecare din ieșirile E_V și E_U se va obține numai semnalul util. Semnalul în cuadratură transmis prin calea adiacentă va fi suprimat datorită caracteristicii de fază a detectoarelor utilizate. Constatăm că în cazul decodurului PAL_S cele două semnale de crominanță nu se separă înainte, ci tocmai prin procesul de detecție.

În cazul în care semnalele de crominanță sînt afectate de o eroare de fază, comutarea secvențială a fazei semnalului U_V atît în codorul utilizat la emisie cît și în decodorul din televizorul în culori va determina o deviere a vectoru-

lui reprezentativ pentru semnalele de crominanță $\vec{U}_V + \vec{U}_U$ pe liniile impare într-un sens, iar pe liniile pare în celălalt sens față de poziția corectă a acestui vector (cap. 8). Din acest motiv va apare pe liniile impare ale imaginii redată o eroare de nuanță într-un sens și pe liniile pare în celălalt sens față de nuanța corectă, transmisă din studio. Practic s-a constatat că dacă eroarea de fază nu depășește 10° , un telespectator care privește imaginea de pe ecranul unui televizor în culori cu diagonala de 66 cm de la 2,5—3 m, nu va mai sesiza structura fină de linii a imaginii, ci doar nuanța medie, corectă. Din cauza faptului că ochiul omenesc nu poate distinge detalii foarte fine de culoare, acesta va efectua o „integrare” a conținutului de culoare și va percepe nuanța corectă.

SEPARAREA ȘI DETECȚIA SEMNALELOR DE CROMINANȚĂ ÎN „PAL — STANDARD” (PAL_{DL}).

Televizoarele în culori care funcționează în PALs nu valorifică în întregime avantajele sistemului PAL față de NTSC, deoarece eliminarea erorilor de nuanță nu este efectuată cu circuite electrice, ci de un factor subiectiv, ochiul telespectatorului.

În cap. 8 se prezintă principiul separării semnalelor de crominanță cu ajutorul liniei de întârziere și eliminarea efectului erorilor de fază prin demodularea sincronă separată, a semnalelor de crominanță U_V și U_U .

Schema bloc a separării și detecției semnalelor de crominanță în PAL_{DL} este prezentată în fig. 13.3. Din cauza faptului că linia de întârziere de croma-

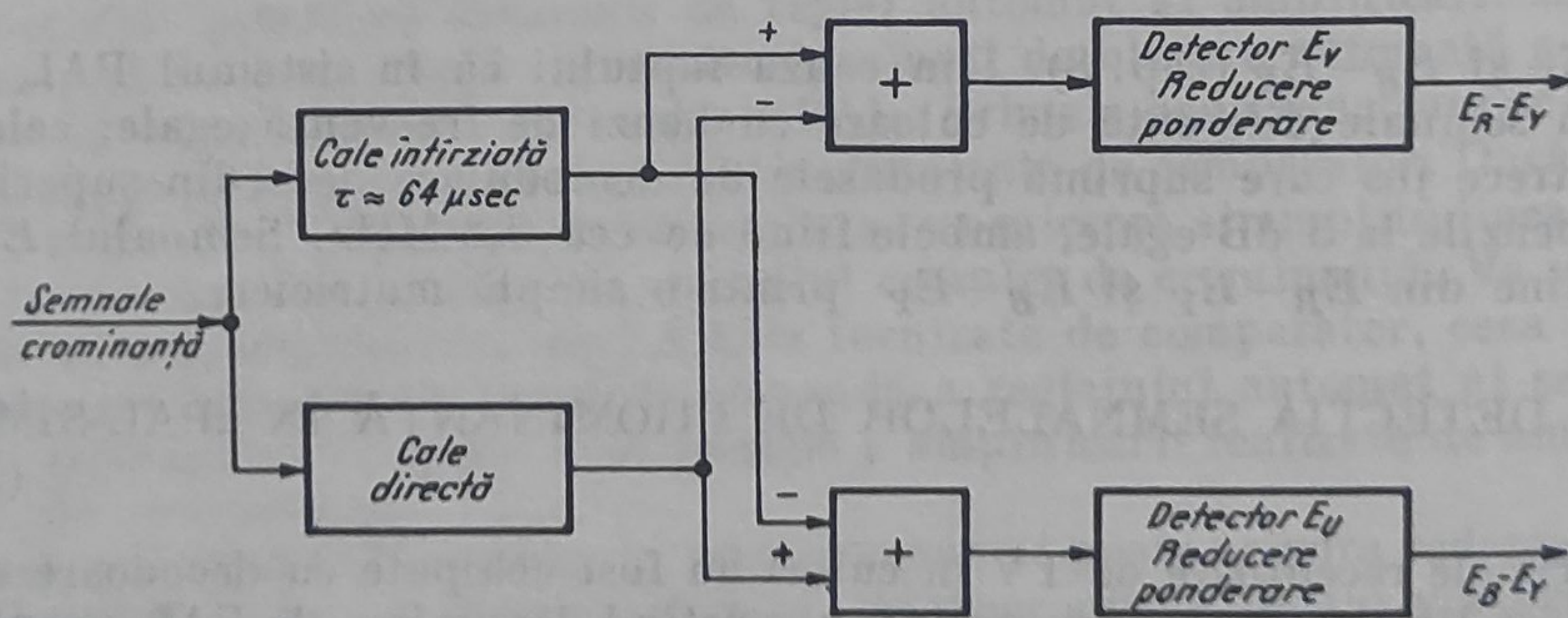


Fig. 13.3. Schema bloc a separării și detecției semnalelor de crominanță într-un decodor PAL_{DL}

nanță utilizată în decodorul PAL s-a ieftinit considerabil în ultimul timp, precum și datorită calității superioare a imaginii redată se utilizează în ultimul timp în exclusivitate decodoare care funcționează în PAL_{DL}.

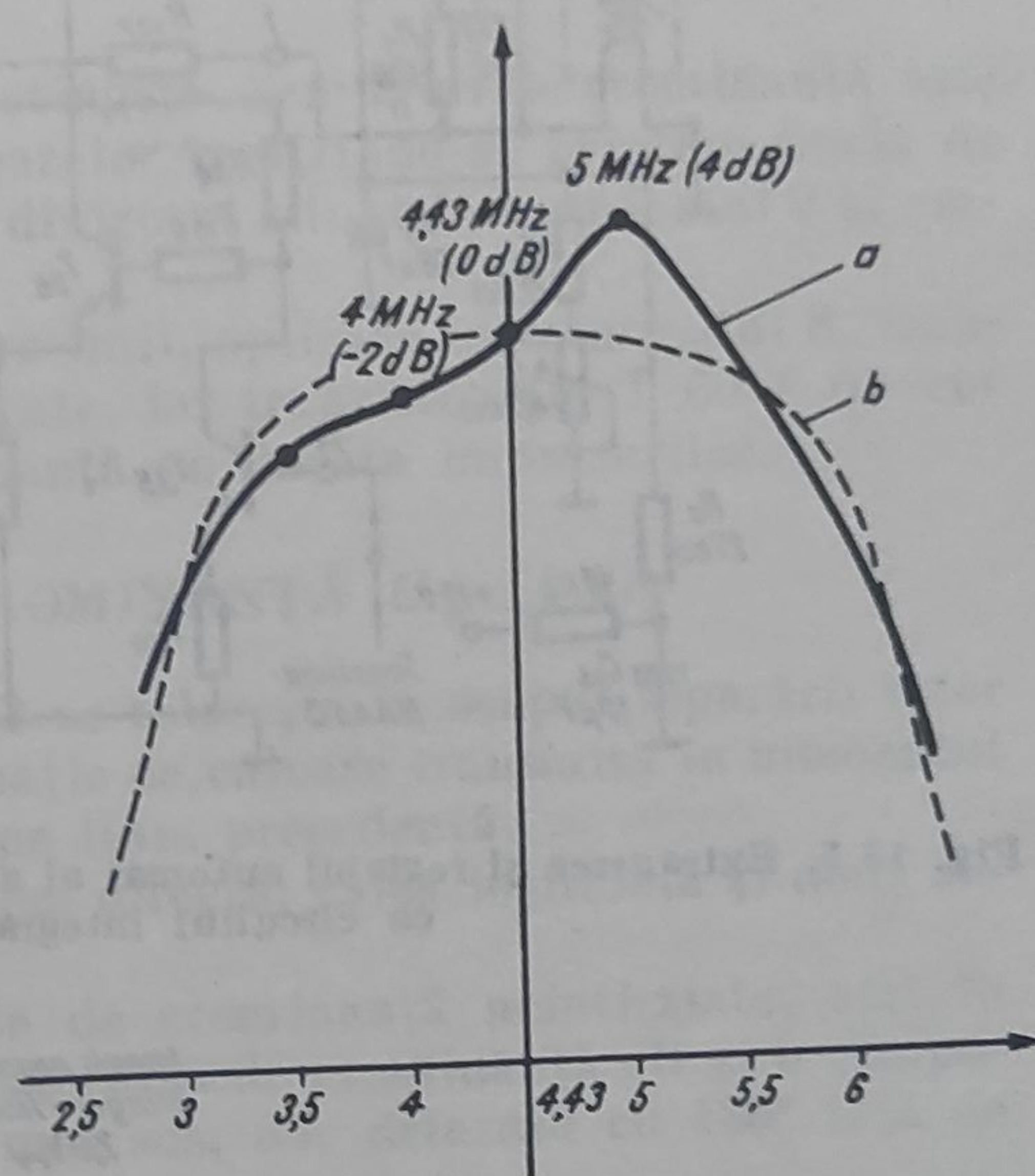
În cele ce urmează se vor prezenta în detaliu funcționarea și exemple practice pentru circuitele care intră în componența unui decodor PAL_{DL}.

AMPLIFICATORUL DE CROMINANȚĂ

Acest amplificator este destinat extragerii semnalului complet de crominanță PAL din semnalul video complex color și amplificării acestuia în scopul furnizării unui semnal de amplitudine cât mai uniformă, independentă de fluctuațiile amplitudinii semnalului de la intrare.

Spectrul de frecvență al semnalului complet de crominanță este situat pe flancul posterior al caracteristicii amplitudine — frecvență al AFI cale comună a televizorului (fig. 11.2). În consecință, spectrul semnalului este amplificat neuniform, și se va proceda la o compensare prin favorizarea benzii laterale superioare pe caracteristica amplificatorului de crominanță, prezentată în fig. 13.4 a. În cazul decodarelor moderne, cu demodatoare realizate

Fig. 13.4. Caracteristica amplitudine-frecvență a filtrului de crominanță: *a* — cu compensarea neuniformității caracteristicii AFI cale comună; *b* — fără compensare.



cu circuite integrate neuniformitatea nu este critică și se utilizează o caracteristică simetrică (*b*)

Reglajul automat al amplificării semnalului complet de crominanță (RAASC) asigură un semnal constant la ieșirea din amplificator chiar și în cazul recepției unor semnale slabe, precum și în cazul unui acord incorect al televizorului. Din cauza unui dezacord, semnalul de crominanță se poate situa pe o parte a caracteristicii AFI cale comună căreia îi va corespunde o amplificare diferită de cea necesară.

O mare parte a amplificatoarelor de crominanță includ și posibilitatea reglării manuale a semnalului de crominanță de către telespectator, efectuându-se astfel reglajul de saturație.

Înainte de a furniza semnalul complet de crominanță pentru atacul liniei de întârziere, precum și a căii directe (neîntârziată) se efectuează stingerea pe întreg spațiul de stingere linii, în scopul evitării apariției unor impulsuri suplimentare, nedorite, care ar putea apărea [printr-o detecție a semnalului „salvă”].

Cele expuse mai sus vor fi exemplificate cu ajutorul circuitelor din fig. 13.5 și fig. 13.6, care se bazează pe utilizarea circuitului integrat TBA 560 C. În fig. 13.5 se prezintă circuitul selectiv de extragere a semnalului de crominanță, acesta aplicându-se simetric pe terminalele 1 și 15 ale circuitului. Cîștigul amplificatorului diferențial T 38/T 39 este controlat de tensiunea de RAASC, aplicată pe terminalul 14.

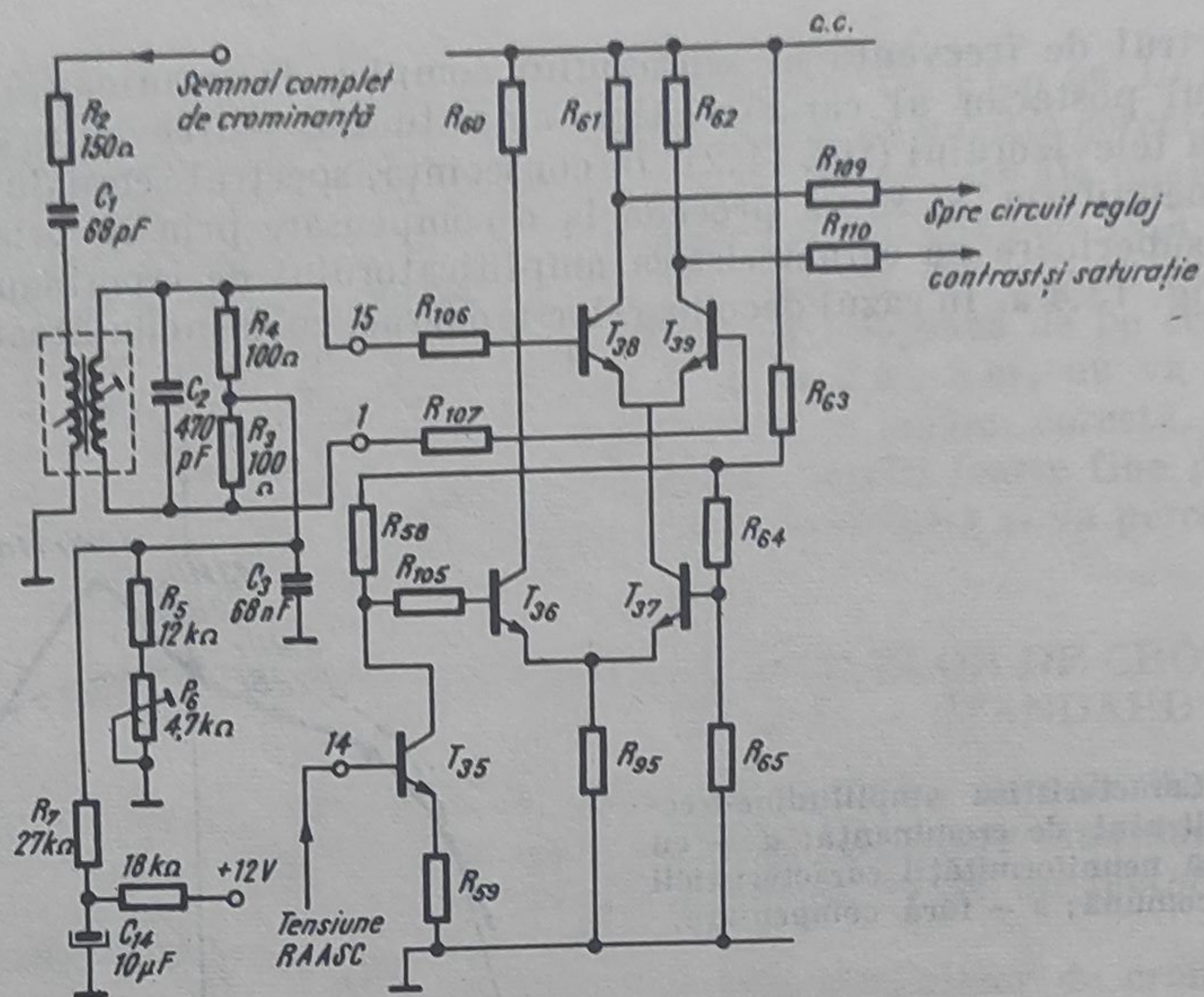


Fig. 13.5. Extragerea și reglajul automat al amplificării semnalului complet de cromaticitate cu circuitul integrat TBA 560 C.

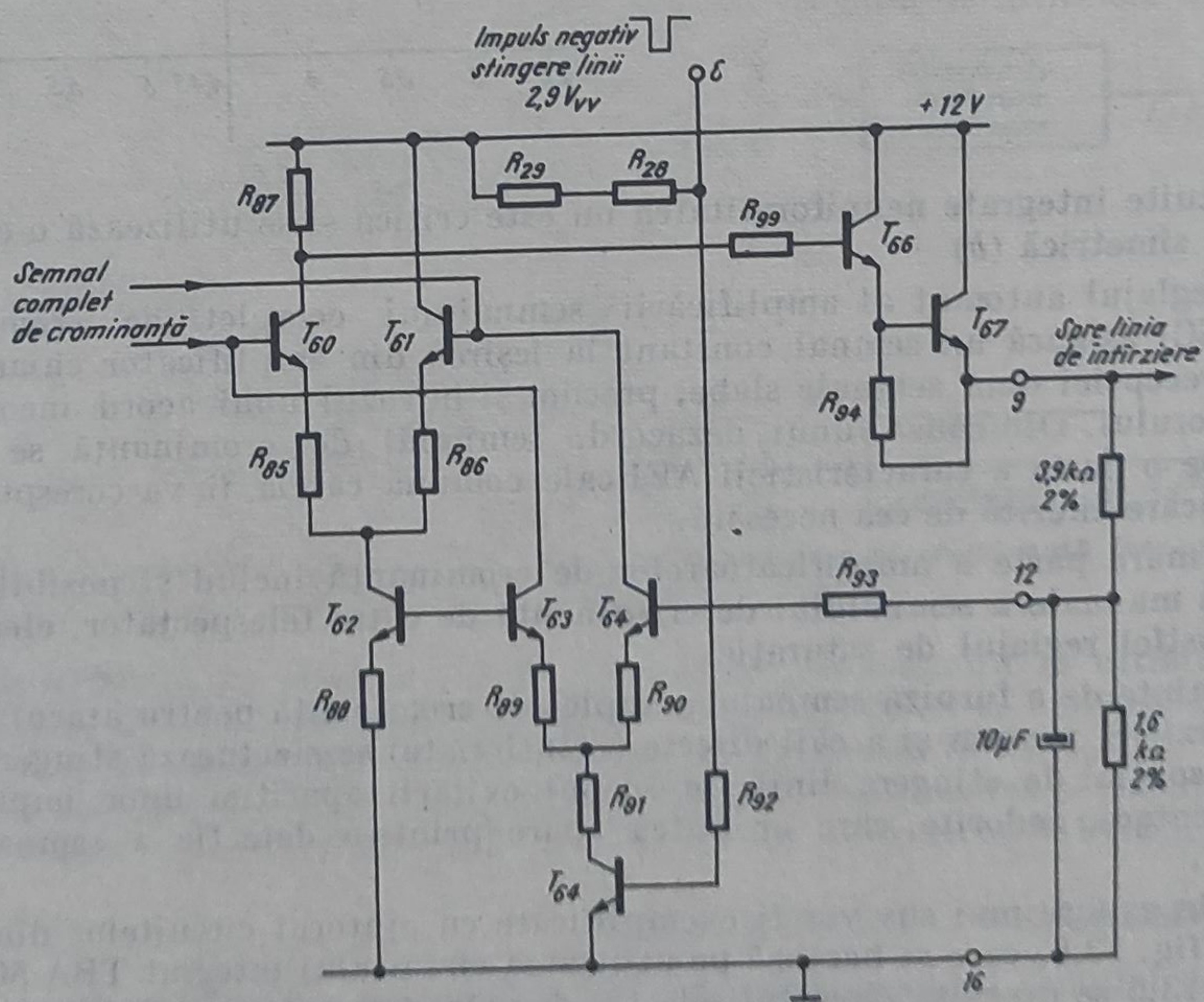


Fig. 13.6. Circuit de stingere linii a semnalelor de cromaticitate, parte integrantă a CI tip TBA 560 C.

În cazul în care tensiunea continuă pe terminalul 14 depășește $+2V$ scade tensiunea din baza tranzistorului T 36, curentul scade prin T 36 și crește prin T 37, ceea ce determină o creștere a amplificării T 38/T 39.

În cazul în care semnalul de crominanță, deci și salvele de sincronizare vor fi mari, tensiunea continuă din terminalul 14 scade pînă la $0,5 V$, curentul crește prin T 36 și scade prin T 37, scade și amplificarea T 38/T 39 și se evită o creștere excesivă a semnalului de crominanță și intrarea în limitare a etajelor următoare.

În fig. 13.6 se prezintă circuitul de stingere. Semnalul de crominanță este amplificat de T 60/T 61, polarizarea bazelor realizîndu-se printr-o buclă de reacție în curent continuu, formată din divizorul situat în terminalul 9 și amplificatorul T 63/T 64.

Pe durata impulsurilor de întoarcere linii, aplicate în terminalul 8, tranzistoarele T 65 și T 63/T 64 vor fi blocate, iar tranzistoarele T 60/T 61 vor efectua stingerea semnalului de crominanță pe durata impulsurilor.

SEPĂRAREA SEMNALELOR DE CROMINANȚĂ U_U ȘI U_V

Conform schemei bloc din fig. 13.3 se folosește în scopul separării celor două semnale de crominanță atît informația de culoare transmisă în momentul respectiv, cît și informația transmisă pe linia precedentă.

În principiu, circuitul cuprinde calea directă, calea întîrziată și două sumatoare.

Calea directă furnizează semnalele de crominanță neîntîrziate, atît în fază cu semnalul de la ieșirea amplificatorului de crominanță cît și o componentă egală în amplitudine cu cea de mai sus, dar defazată cu 180° față de prima componentă.

Calea întîrziată întîrzie semnalul cu un timp care trebuie să fie cît mai apropiat de durata unei linii întregi — $64\mu s$ —, dar trebuie să introducă un defazaj de 0° sau 180° . Prin urmare, avînd în vedere că frecvența subpurtătoarei PAL este

$$f_0 = \left(284 - \frac{1}{4}\right) f_H + f_v = 4,43361875 \text{ MHz},$$

punînd condiția ca $\Phi = 2\pi f_p t_i = n\pi$ rezultă

$$t_i = \frac{n\pi}{2\pi f_0} = \frac{n}{2 \cdot 4,43361875} \text{ MHz}$$

Parametrul n va fi ales din condiția ca t_i să rezulte cît mai aproape de valoarea de $64\mu s$. Pentru $n=567$ rezultă

$$t_i = \frac{567}{2 \times 4,43361875 \text{ MHz}} = 63,943 \mu s.$$

Deoarece n este impar, defazajul introdus de calea întîrziată va fi de 180° .

În cap. 8 se arată că prin însumarea semnalului provenit din calea întîrziată cu semnalul nedefazat provenit din calea directă rezultă semnalul de crominanță U_U ; din însumarea semnalului provenit din calea întîrziată cu semnalul provenit din calea directă, dar defazat cu 180° rezultă semnalul U_V . Raționamentul este valabil în cazul în care conținutul de culoare a două linii successive este foarte asemănător, practic egal.

Tot în cap. 8 se arată că transmisiunea semnalului de crominanță nu se realizează în practică cu păstrarea exactă a fazei, ci cu o eroare de fază φ . Se arată că în cazul decodării în PAL_{DL}, semnalele de crominanță vor fi separate între ele fără vreo diafotie parazită între canale care ar putea modifica nuanța culorilor redade, singurul efect al erorii de fază fiind o reducere a amplitudinii celor două semnale de crominanță, efectul asupra imaginii redade fiind o simplă scădere a saturației culorilor.

În cele ce urmează vom expune unele probleme legate de construcția, funcționarea și utilizarea liniei de întârziere de crominanță.

LINIA DE ÎNTÂRZIERE DE CROMINANȚĂ

În cazul decodoarelor PAL sau SECAM este necesar ca semnalele de crominanță să fie întârziate cu o durată egală cu cca 64 μ s. Prin urmare, atât banda de frecvență a semnalelor care trebuie să fie întârziate, cât și timpul de întârziere necesar sînt relativ mari. În acest caz, cea mai practică soluție este utilizarea liniilor de întârziere care funcționează cu ultrasunete. Semnalul electric este transformat într-o undă ultra-acustică, parcurge un mediu care se caracterizează printr-o viteză de propagare relativ mică și este din nou transformat într-un semnal electric.

Prin urmare, linia de întârziere este formată din:

- transductor piezoelectric pentru emiterea ultrasunetelor
- corp de sticlă, ca mediu de propagare și întârziere
- transductor piezoelectric pentru recepția ultrasunetelor

Transductoarele utilizate la intrarea și la ieșirea liniei de întârziere sînt de același tip, utilizarea și modul de funcționare fiind reversibile. Un transductor piezoelectric poate produce în principiu unde longitudinale și unde transversale. Din cauza faptului că viteza de propagare a celor două tipuri de unde este diferită este necesar ca transductoarele să funcționeze numai cu un singur tip de undă. Din cauza faptului că viteza de propagare a undelor transversale este mai mică decît cea a undelor longitudinale, pentru liniile de întârziere de crominanță se utilizează undele transversale urmînd ca dimensiunile liniei să fie mai reduse. În acest scop este necesar ca materialul să fie polarizat printr-o încălzire și răcire în prezența unui cîmp electric.

Amplitudinea undelor generate va fi mai mare dacă grosimea transductorului este egală cu $\frac{\lambda}{2}$, ceea ce înseamnă că transductorul trebuie să se afle la rezonanță pentru frecvența de mijloc a benzii de frecvență transmise.

Lungimea de undă rezultă din

$$\lambda = \frac{C_T}{f}$$

unde $f = 4,43$ MHz și C_T este viteza de propagare a ultrasunetelor în transductor $C_T \approx 2000$ m/s.

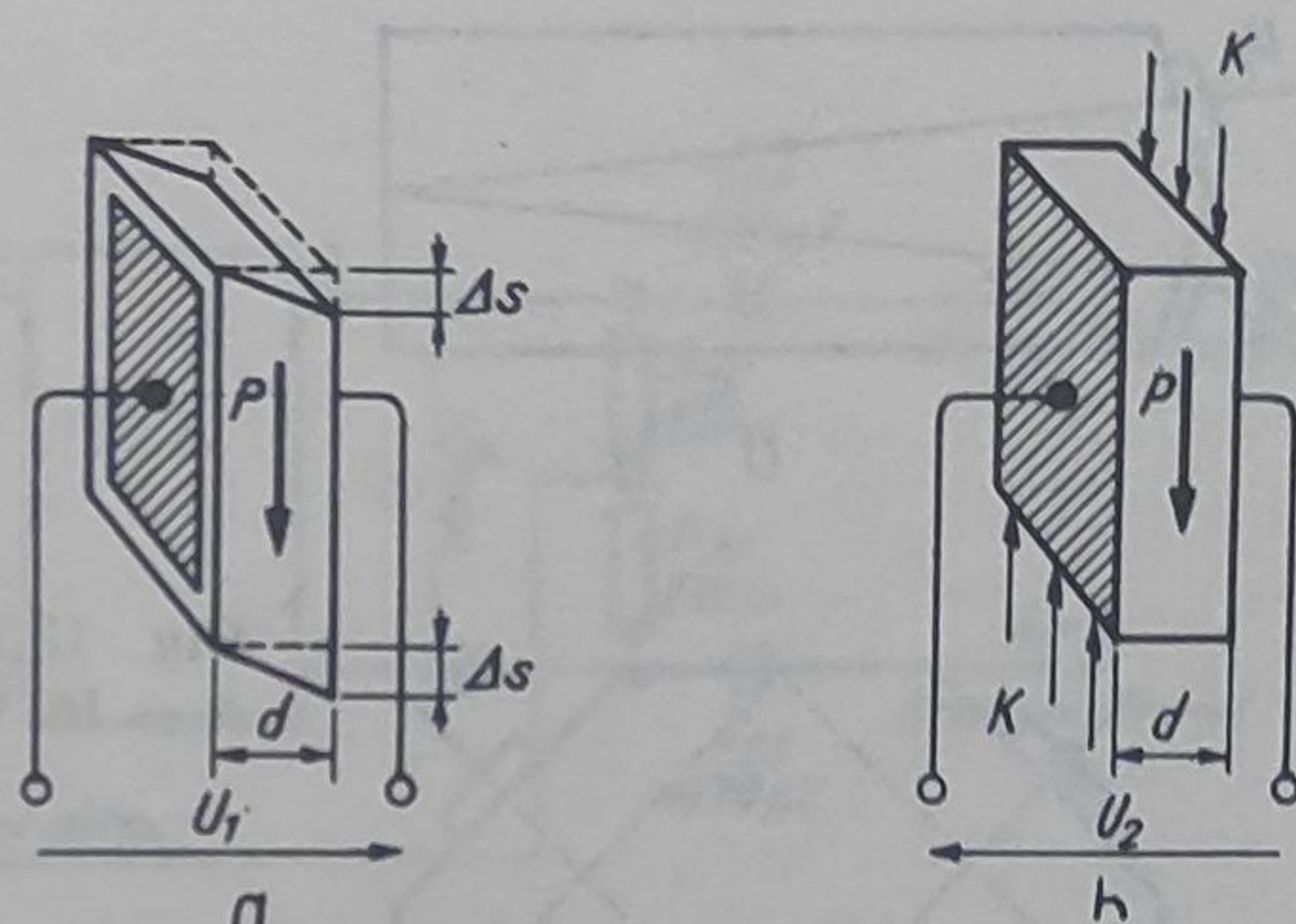
Rezultă $\lambda = 0,453$ mm, grosimea transductorului fiind de cca 0,23 mm.

Pentru a asigura pentru transductor un randament cît mai bun, suprafața acestuia trebuie să fie relativ mare. Grosimea mică și constanta dielectrică mare a materialului din care este realizat transductorul vor atrage însă după sine o capacitate terminală a liniei de întârziere de cca 150 pF. Această capacitate trebuie să fie compensată prin conectarea în paralel a unei inductivități la intrarea și la ieșirea liniei de întârziere, asigurîndu-se astfel și rezonanța electrică a circuitului.

Din cauza factorului de calitate foarte bun al transductoarelor, banda de frecvență necesară de cca 1,8 MHz nu poate fi asigurată decât printr-o amortizare a liniei la ambele capete.

Transformarea undelor ultra-acustice în semnale electrice, realizată de transductorul de ieșire se face prin intermediul forțelor mecanice care acționează asupra transductorului. Undele incidente produc o forță de forfecare,

Fig. 13.7. Transductorul piezoelectric: *a* — de la intrare; *b* — de la ieșire.



aceasta acționează asupra materialului piezoceramic, urmînd să apară la terminalele transductorului din nou o tensiune electrică.

Construcția și mărimile fizice aferente funcționării transductorului sînt reprezentate în fig. 13.7.

O problemă esențială de care se ține cont la realizarea transductoarelor este diminuarea într-o măsură cît mai mare a reflexiilor.

Dacă transductorul de la ieșire reflectă semnalul incident, acesta ajunge din nou la intrare, fiind din nou reflectat spre ieșire. Astfel, peste semnalul util se va suprapune și un semnal perturbator, a cărui întîrziere va fi de 3 ori mai mare decît este necesar.

Practic se constată că liniile de întîrziere cu transductoare de mare randament (deci linii cu atenuare proprie mică) au reflexii parazitare mai mari, și invers. Este necesar să se stabilească un compromis pentru satisfacerea ambelor condiții.

Mediul de propagare este parcurs de undele transversale generate de transductor provocînd un proces de forfecare.

Cel mai bun material destinat utilizării ca mediu de propagare în linii de întîrziere de crominanță este o sticlă specială.

Timpul de întîrziere necesar $\tau_0 = 64 \mu s$, viteza de propagare $c_m = 2600 \frac{m}{s}$ determină lungimea traiectoriei pe care se propagă undele ultra-acustice.

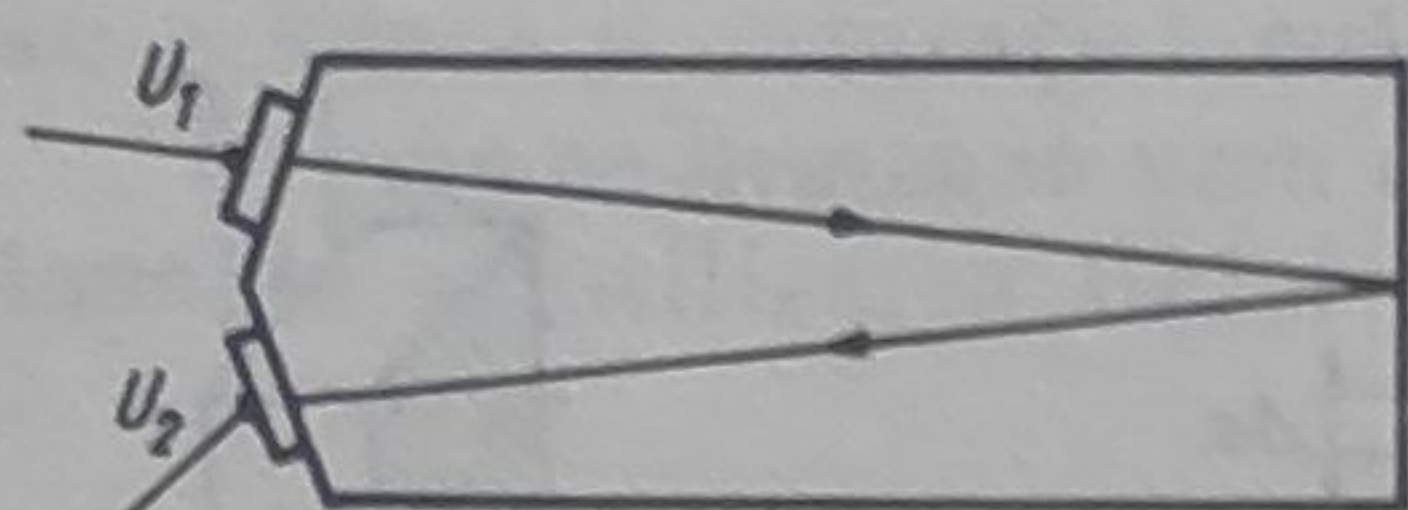
$$l = \tau_0 c_m = 165 \text{ mm}$$

Astăzi nu se mai utilizează linii de întîrziere cu aceste dimensiuni, spațiul de propagare necesar fiind asigurat de un mediu cu dimensiuni mai reduse, unda propagîndu-se cu reflexie simplă sau cu reflexii multiple (fig. 13.8). Un alt avantaj al liniilor de întîrziere cu reflexii constă în faptul că timpul de întîrziere poate fi exact ajustat și după fixarea transductoarelor prin șlefuirea suprafețelor de reflexie.

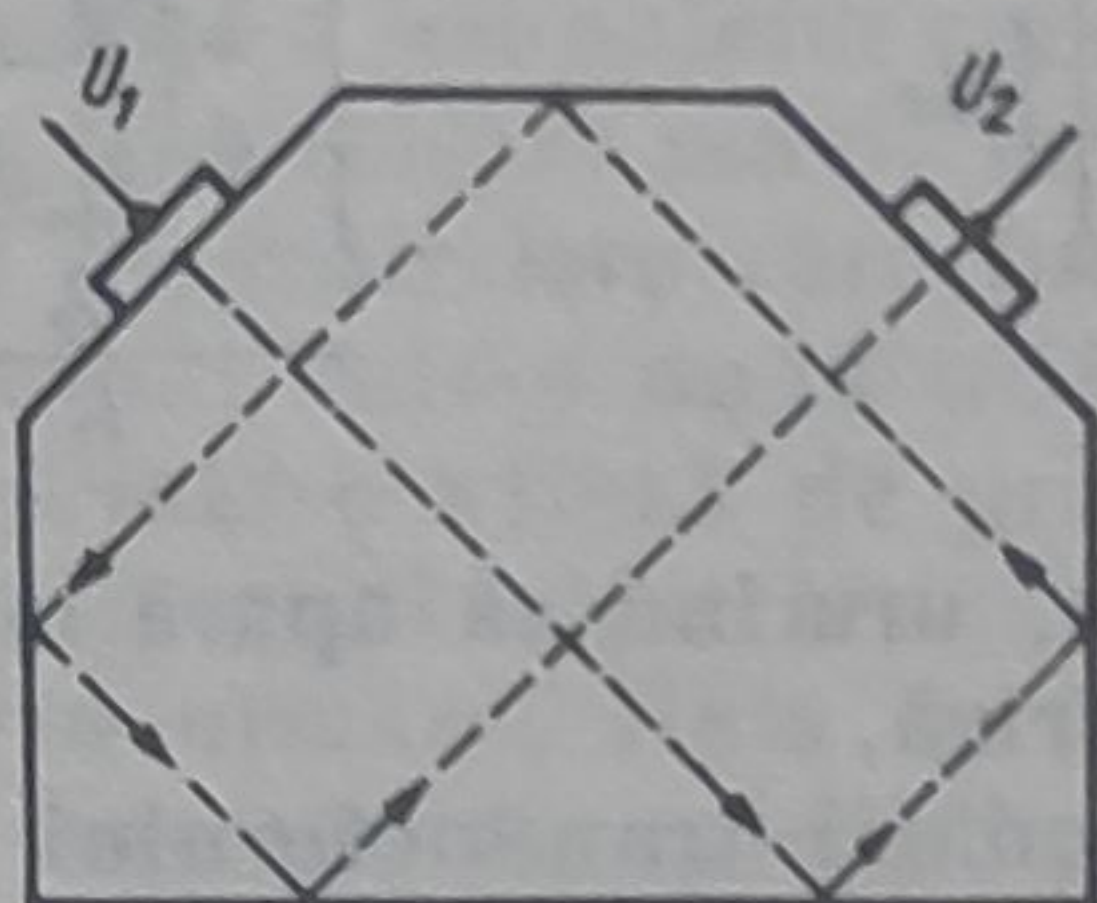
Una din problemele esențiale legate de funcționarea liniei de întîrziere de crominanță este modificarea timpului de întîrziere cu temperatura. În practică se utilizează compensarea creșterii timpului τ_0 datorată lungimii mai mari

a liniei la temperaturi mari cu scăderea timpului τ_0 cauzat de scăderea vitezei de propagare la temperaturi mai mari.

Parametrii și performanțele liniei de întârziere indicate de fabricant vor fi exemplificate pe baza liniei de întârziere CV 20 fabricată de RFT din R.D.G.



a



b

Fig. 13.8. Forme constructive ale liniilor de întârziere:
a — în V, cu reflexie simplă; b — cu reflexii multiple.

- destinată utilizării în receptoare de TV în culori SECAM sau PAL
- frecvența „de mijloc” a caracteristicii 4,433619 MHz
- timp de întârziere de fază la

$$f=4,43 \text{ MHz și } t=25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{CV 20 A : } 63,943 \pm 0,030 \text{ } \mu\text{s}$$

$$\text{CV 20 B : } 63,943 \pm 0,008 \text{ } \mu\text{s}$$

$$\text{CV 20 C : } 63,943 \pm 0,005 \text{ } \mu\text{s}$$

- atenuarea proprie a liniei la $f=4,43 \dots \text{MHz}$ $9 \pm 3 \text{ dB}$
- banda la 3 dB 2 MHz
- atenuarea „ecoului” $3\tau_0$, raportat la semnalul util de la ieșire 26 dB
- atenuarea altor „ecouri”, raportat la semnalul util de la ieșire 35 dB

Valori limită:

- tensiunea maximă de intrare $\text{max. } 12 \text{ V}$
- temperatura mediului ambiant $t_{\text{amb}}=5-70^{\circ}\text{C}$

Se precizează că nu toate performanțele liniei de întârziere au aceeași importanță pentru redarea calității imaginii în culori în sistemele PAL sau SECAM. În timp ce la sistemul PAL precizia timpului de întârziere este de importanță maximă, în cazul sistemului SECAM este de importanță deosebită atenuarea „ecoului $3\tau_0$ ” și a celorlalte semnale parazite.

Un circuit practic de separare a semnalelor de cromaticitate este cel prezentat în fig. 13.9.

Semnalul de crominanță se aplică prin P 27, R 66, C 18 și R 28 liniei de întârziere DL 2. Condiția de transmitere a semnalului fără reflexii, distorsiuni de frecvență și erori de fază este ca linia de întârziere să fie adaptată la intrare și ieșire. Rezistența echivalentă de generator a circuitului de atac al liniei, precum și rezistența de sarcină trebuie să fie egale cu rezistența caracte-

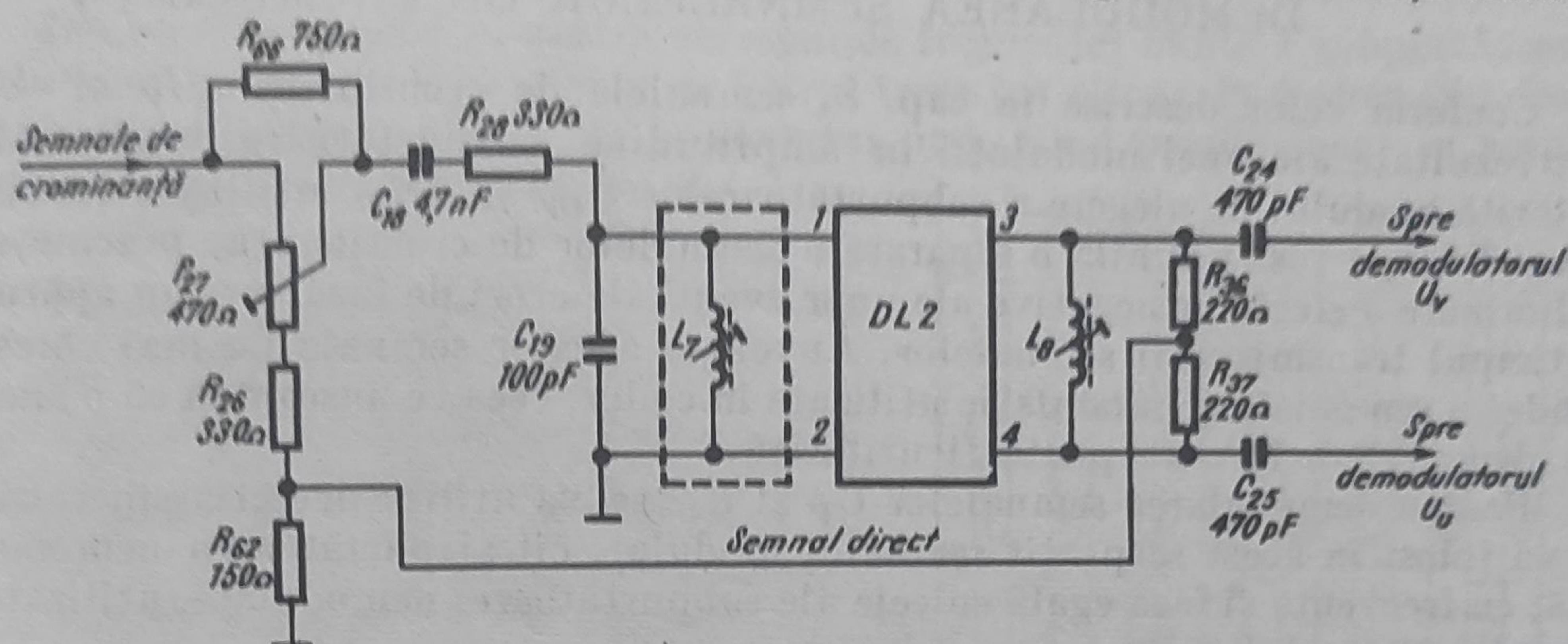


Fig. 13.9. Circuit practic de separare a semnalelor de crominanță dintr-un televizor în culori „Barco”.

ristică a acesteia. Capacitatea echivalentă de intrare, precum și cea de ieșire va fi compensată printr-o inductivitate reglabilă. În condițiile adaptării liniei de întârziere la intrare și ieșire va rezulta o atenuare proprie de 8—10 dB. Ieșirea semnalului se face simetric, cu aceeași polaritate pe terminalele 3 și 4 ale liniei. Cu ajutorul potențiometrului P 27 se reglează amplitudinea semnalului întârziat. Semnalul direct se aplică pe priza mediană a bobinei de acord de la ieșirea liniei de întârziere. Amplitudinea semnalului întârziat trebuie să fie reglabilă pentru a compensa toleranțele atenuării proprii a liniei de întârziere. Semnalul neîntârziat va fi pe terminalele 3 și 4 ale liniei de întârziere în antifază, realizându-se astfel sumarea cu semnalul întârziat conform schemei bloc prezentate.

Orice linie de întârziere va avea o toleranță a timpului propriu de întârziere, ceea ce poate schimba faza semnalului întârziat, deci poate afecta separarea corectă a semnalelor U_V și U_U .

În cazul în care timpul de întârziere se abate de la valoarea necesară cu $\Delta \tau = 5 \mu s$ rezultă o eroare de fază.

$$\varphi = 2 \pi f_p \Delta \tau \frac{\pi}{180^\circ} [\text{grade}] \approx 8^\circ$$

Un defazaj de 8° poate fi ușor corectat din acordul circuitelor de la intrarea sau ieșirea liniei de întârziere.

O altă problemă se pune cu privire la diferența între timpul de întârziere necesar ca urmare a principiului operațiunii de mediere a două linii consecutive, decalate cu $64 \mu s$, și timpul de întârziere necesar rezultat din condiția de separare a semnalelor de crominanță: $63,943 \mu s$. Se poate arăta că diferența de $0,057 \mu s$ va avea drept consecință „medierea” semnalelor cărora le corespunde un decalaj de numai $0,6 \text{ mm}$ pe un ecran cu diagonala de 66 cm ceea ce nu are nici o influență negativă asupra calității redării imaginii.

În ceea ce privește „ecoul de $3 \tau_0$ ” de la ieșire s-a constatat

practic că imaginea nu este afectată de o perturbație a cărei atenuare față de semnalul util este mai mare decât 14 dB.

În caz contrar apar dungii orizontale colorate, perturbatoare, vizibile la cca 1 m de ecranul televizorului.

DEMULAREA SEMNALELOR DE CROMINANȚĂ

Conform celor descrise în cap. 8, semnalele de crominanță U_V și U_U sînt rezultate ale unei modulații în amplitudine cu purtătoare suprimată. Datorită modului de alegere a subpurătoarelor U_{OV} și U_{OU} utilizate în sistemul PAL, a fost posibilă o separare a semnalelor de crominanță, precum și o eliminare a efectelor negative ale unor eventuale erori de fază care au apărut în timpul transmisiunii semnalelor. Anvelopa acestor semnale nu mai corespunde cu semnalele de modulație utilizate în codor, ceea ce înseamnă că o simplă demodulare MA nu poate fi utilizată.

Pentru demodularea semnalelor U_V și U_U se va utiliza detecția sincronă. Se va folosi în acest scop atât semnalul modulat, cît și purtătoarea nemodulată, cu frecvența și faza egală cu cele ale subpurătoarei nemodulate, utilizate în codor la modulare.

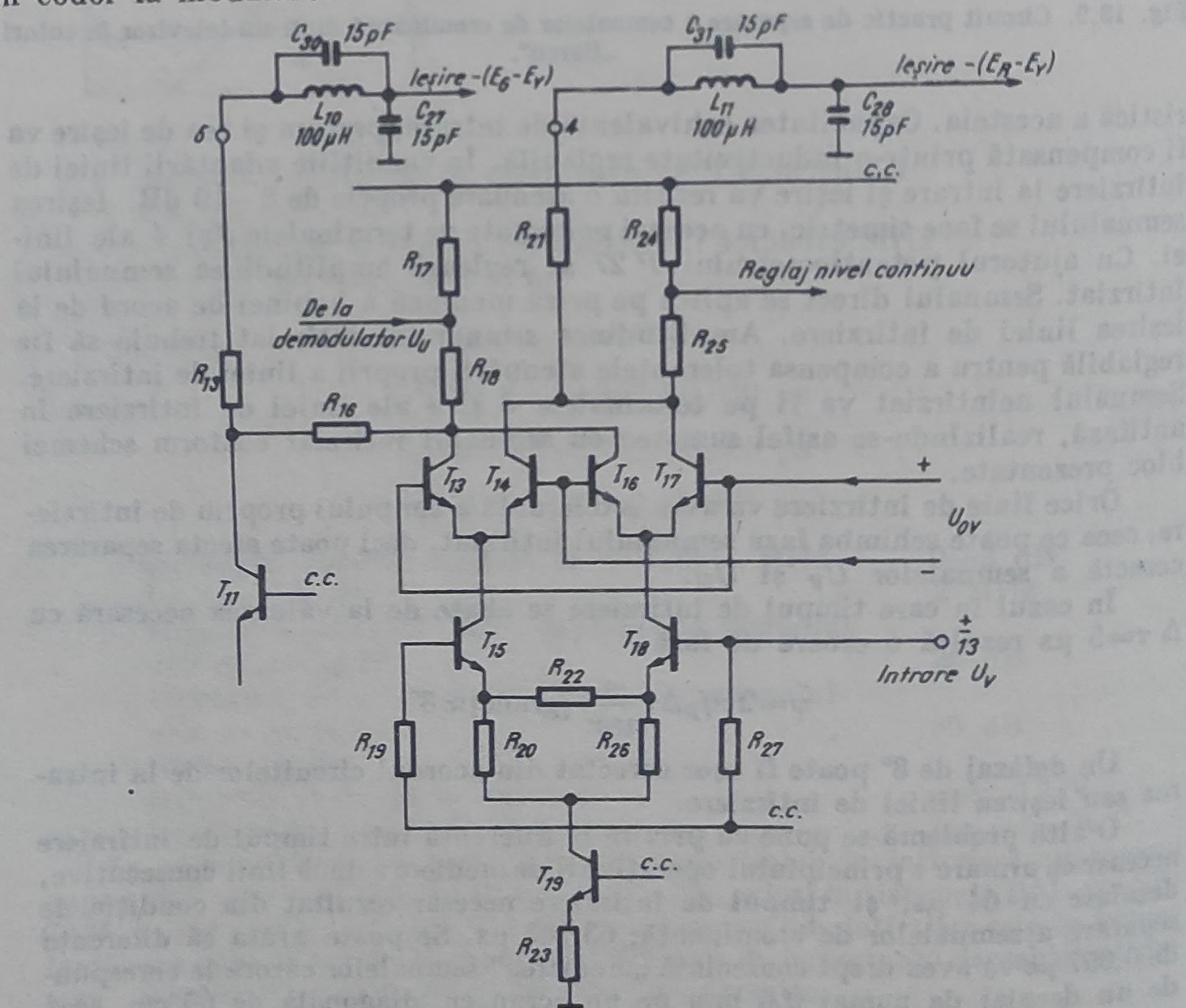


Fig. 13.10. Circuit practic de demodulare a semnalului U_V și matricea $E_G - E_Y$ realizate cu circuitul integrat TBA 520.

Demodularea sincronă se realizează printr-un amestec multiplicativ al celor două semnale sus menționate.

Detectorul pentru U_V va realiza operația

$$U_V \cdot U_{OV} = (\pm E_V \cos \omega t) (\pm E_{OV} \cos \omega t) = E_V E_{OV} \cos^2 \omega t = \frac{E_V E_{OV}}{2} (1 + \cos 2 \omega t)$$

Deoarece termenul al doilea corespunde frecvenței duble a subpurtătoarei de culoare, acesta va fi suprimat de filtrul trece jos situat la ieșirea din decodor. Primul termen corespunde semnalului util, fiind proporțional cu amplitudinea semnalului diferență de culoare redus E_V .

Pentru demodulatorul semnalului U_U rezultă similar

$$U_U \cdot U_{OV} = (E_U \sin \omega t) (E_{OV} \sin \omega t) = E_U E_{OV} \sin^2 \omega t = \frac{E_U E_{OV}}{2} (1 - \cos 2 \omega t)$$

Constatăm că prin utilizarea unei subpurtătoare a cărei fază se schimbă secvențial cu $\pm 90^\circ$ față de cea utilizată pentru semnalul U_U , demodulatorul semnalului U_V va furniza un semnal proporțional cu E_V , eliminînd în același timp comutarea secvențială a polarității acestui semnal, realizată în codor.

În televizoarele în culori moderne se utilizează în scopul detecției sincrone scheme cu circuite integrate. Deoarece demodolatoarele pentru semnalele U_V și U_U sînt practic egale prezentăm numai schema detectorului sincron pentru semnalul U_V (fig. 13.10).

Tranzistorul, $T 19$ este generatorul de curent al detectorului. Curentul de colector al acestui tranzistor este stabilizat la variații ale temperaturii, ceea ce asigură un nivel de stingere constant pentru semnalul diferență de culoare demodulat. Semnalul U_V atacă amplificatorul diferențial format din tranzistoarele $T 15$ și $T 18$. Semnalele amplificate și de polaritate inversă se aplică pe emitorii tranzistoarelor $T 13/T 11$ respectiv $T 16/T 17$.

Subpurtătoarea U_{OV} atacă în antifază bazele tranzistoarelor $T 14/T 16$ și $T 13/T 17$. Semnalul de ieșire al

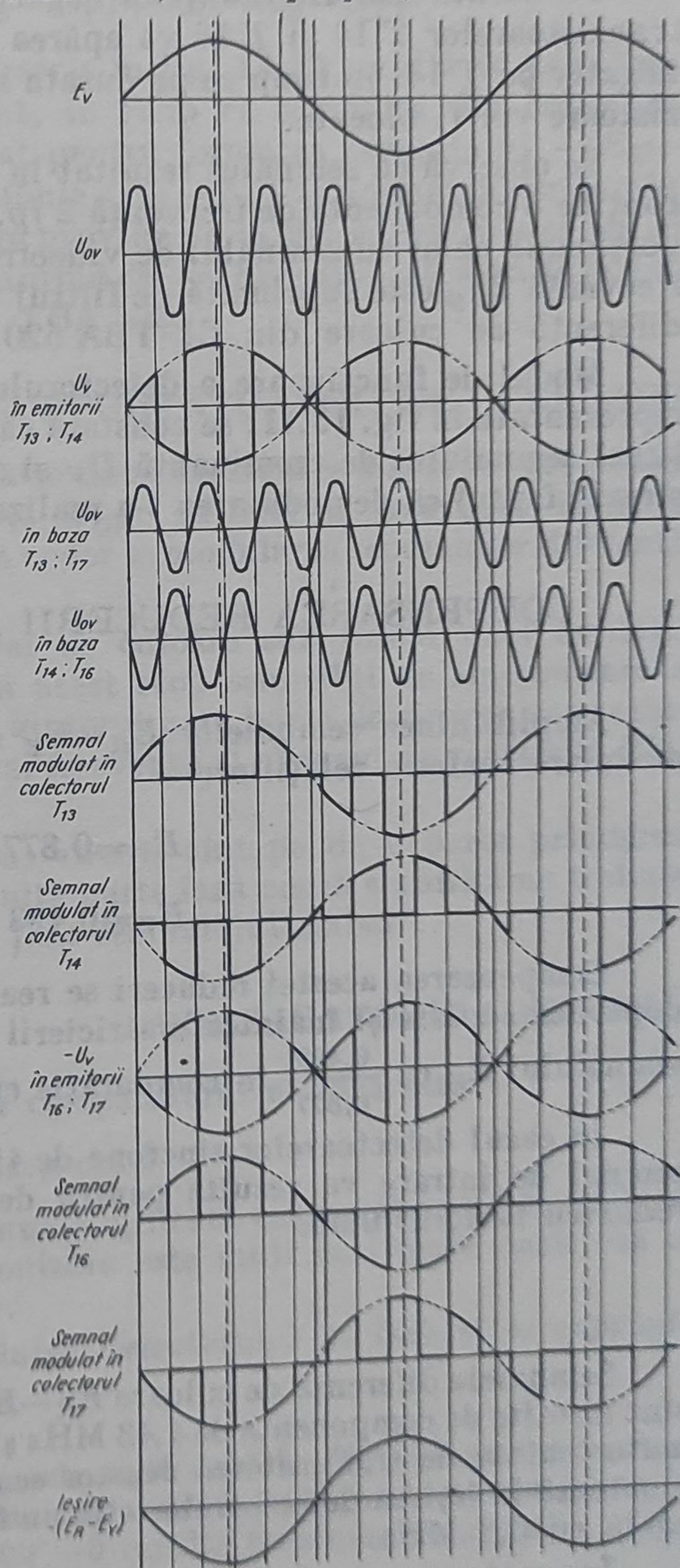


Fig. 13.11. Funcționarea detectorului sincron pentru semnalul U_V din circuitul integrat TBA 520.

demodulatorului semnalului U_V este cules din colectorii tranzistoarelor $T 14/T 17$ (fig. 13.11).

Pe durata semialternanțelor pozitive ale subpurtătoarei aplicate în bazele tranzistoarelor $T 13$ și $T 17$, în colectorul tranzistorului $T 13$ apare un impuls pozitiv, în timp ce în colectorul $T 17$ apare un impuls negativ. Pe durata semialternanțelor negative ale subpurtătoarei aplicate în aceleași baze, atât $T 13$ cât și $T 17$ vor fi blocate.

Pe durata semialternanțelor negative ale subpurtătoarei aplicate în bazele tranzistoarelor $T 14$ și $T 16$ va apărea un impuls pozitiv pe $T 16$ și un impuls negativ pe $T 14$, în timp ce pe durata semialternanțelor negative ambele tranzistoare vor fi blocate.

Se observă că semnalul rezultat în colectorii tranzistoarelor $T 14/T 17$ va conține o componentă de frecvență $2 f_p$, precum și o componentă care este proporțională chiar cu semnalul de videofrecvență, de modulație. Componenta de frecvență $2 f_p$ este suprimată de filtrul trece jos conectat la ieșirea semnalului diferență de culoare din CI TBA 520.

Modul de funcționare a detectorului descris rezultă din formele de undă reprezentate în fig. 13.11; se constată că semnalul de ieșire rezultă din „înmulțirea” semnalului de crominanță U_V și a subpurtătoarei U_{OV} , ceea ce demonstrează faptul că demodularea s-a realizat prin detecție sincronă.

COMPENSAREA REDUCERII AMPLITUDINILOR SEMNALELOR DIFERENȚA DE CULOARE

Amplitudinea semnalelor $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ a fost redusă înainte de modulare conform relațiilor:

$$E_V = 0,877 (E_R - E_Y)$$

$$E_V = 0,493 (E_B - E_Y)$$

Compensarea acestei reduceri se realizează în receptorul de TV în culori după demodulare și înaintea matricierii prin reducerea amplificării canalului semnalului E_V cu $\frac{0,493}{0,877}$ în comparație cu amplificarea canalului E_V .

În cazul detectoarelor sincrone de tipul celor descrise mai sus, la același semnal de intrare va rezulta pentru demodulatorul E_V un semnal detectat redus cu factorul 0,56.

FILTRUL TRECE JOS

Semnalele diferență de culoare $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ furnizate de detectoare sînt însoțite de componente de 4,43 MHz și 8,86 MHz care trebuie să fie suprimate înainte de transmiterea acestor semnale spre matrice. În acest scop se montează la ieșirea detectoarelor câte un filtru trece jos cu banda de frecvență egală cu 0,8 MHz.

În cazul exemplului practic prezentat (fig. 13.10) se filtrează atât tensiunea $-(E_R - E_Y)$ cât și tensiunea $-(E_G - E_Y)$ realizată prin matriciere. Se folosesc filtre „în gamma” cu un circuit oprește bandă acordat pe 4,43 MHz.

MATRICEA $E_G - E_Y$

Pentru a dispune de toate trei semnalele diferență de culoare se formează după demodularea semnalelor U_U și U_V și compensarea/reducerii amplitudinilor și semnalul diferență de culoare $E_G - E_Y$.

Deoarece semnalele diferență de culoare $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ rezultă negative la ieșirea din decodor și semnalul $E_G - E_Y$ trebuie să fie format negativ.

$$-(E_G - E_Y) = 0,19 (E_B - E_Y) + 0,51 (E_R - E_Y)$$

În cazul circuitului de detecție descris în fig. 13.10 rezultă în colectorul T 14/T 17 semnalul cu semn schimbat, în timp ce semnalul din colectorul T 13/T 16 este pozitiv, tocmai adecvat pentru formarea semnalului $-(E_G - E_Y)$. Deoarece factorul cu care contribuie $(E_B - E_Y)$ la formarea semnalului $-(E_G - E_Y)$ este mai mic, semnalul care provine de la detectorul U_U se aplică în prealabil divizorului R 18/R 17, urmînd ca $-(E_G - E_Y)$ să rezulte la terminalul 5 al circuitului integrat tip TBA 520.

REGENERAREA SUBPURTĂTOAREI DE CULOARE

Decodorul PAL are în componența sa două detectoare sincrone care presupun existența subpurtătoarelor U_{OU} și U_{OV} , cu faza și frecvența identice cu cele ale subpurtătoarelor utilizate în codor la modularea semnalelor diferență de culoare.

Problema obținerii subpurtătoarei de culoare sub forma unei oscilații sinusoidale, neîntrerupte, utilizînd în acest scop semnalul de sincronizare a culorii „salvă” se rezolvă de obicei cu ajutorul unei bucle de sincronizare echipate cu oscilator, comparator de fază și frecvență și element de reactanță (fig. 13.1).

Cerințele esențiale impuse acestui circuit sînt pe de o parte prinderea frecvenței și blocarea fazei, iar pe de altă parte faza odată stabilită nu trebuie să aibă abateri sau fluctuații față de faza semnalului „salvă”.

COMPARATORUL DE FAZĂ

Tensiunea de reglaj furnizată de comparatorul de fază este

$$U_r \approx \mu \cos \theta$$

unde θ este defazajul celor două semnale aplicate comparatorului în ipoteza că amplitudinea „salvelor” de sincronizare este mult mai mare decît cea a subpurtătoarei furnizate de oscilator.

Parametrul μ exprimă sensibilitatea detectorului de fază și se exprimă în $\frac{V}{rad}$.

Constatăm că tensiunea de reglaj este nulă dacă $\theta = 90^\circ$ și maximă pentru $\theta = 0^\circ$. Prin urmare, în regim staționar cele două tensiuni comparate vor fi defazate cu 90° . Dacă notăm cu $\Phi = 90^\circ - \theta$ rezultă tensiunea de reglaj

$$U_r = \mu \sin \Phi$$

care poate fi reprezentată grafic conform fig. 13.12.

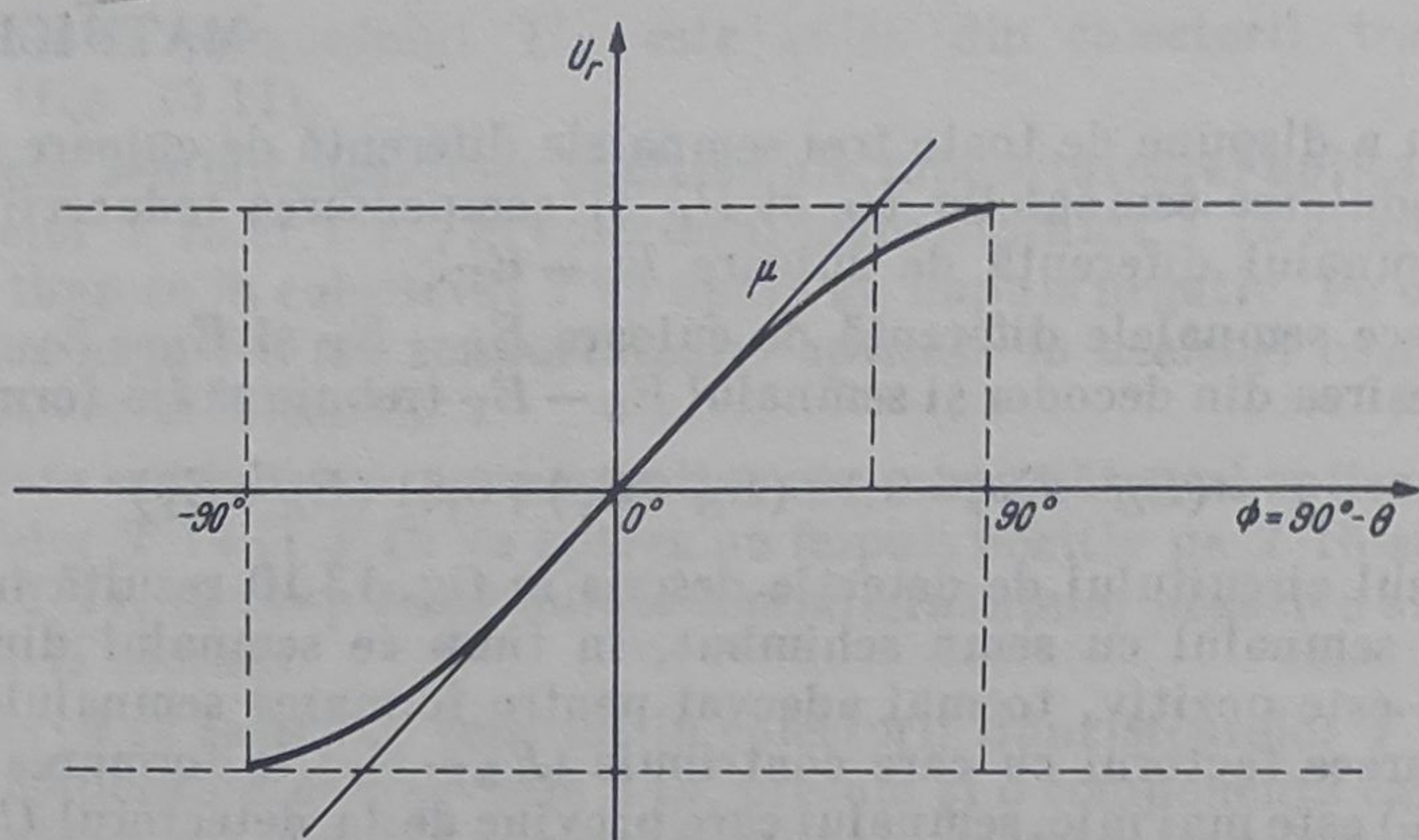


Fig. 13.12. Tensiunea de reglaj, furnizată de comparatorul de fază în funcție de defazajul tensiunilor de la intrare

Exemplificăm comparatorul de fază cu un circuit realizat cu circuitul integrat TBA 540, utilizat într-un televizor în culori „Barco” (fig. 13.13).

Subpurtătoarea generată de oscilator se aplică în antifază pe bazele tranzistoarelor T_{27} și T_{28} . Generatorul de curent T_{26} este comandat de semnalul „salvă”, fiind deschis doar pe durata alternanțelor pozitive.

În fig. 13.14 se reprezintă curenții i_{27} și i_{28} , precum și tensiunea între terminalele 13 și 14 ale circuitului integrat.

Admitem ipoteza simplificatoare că faza semnalului „salvă” este constantă, fără comutare secvențială, pentru a se putea pune în evidență modul de formare a tensiunii de reglaj pentru comanda elementului de reactanță. În fig. 13.14 a se reprezintă cazul regimului staționar, defazajul $\Phi=0$ și $\theta=90^\circ$. Constatăm că în acest caz valoarea medie a tensiunii de reglaj va fi egală cu zero. În cazul în care $\Phi=\pm 90^\circ$ și $\theta=0$ abaterea de la faza necesară este maximă. Valoarea absolută a mediei tensiunii de reglaj va fi în ambele cazuri maximă.

Un caz intermediar este acela în care $\Phi=20^\circ-30^\circ$, deci $\theta=70^\circ-60^\circ$ (fig. 13.14 b). Valoarea medie a tensiunii $u_{13-14}(t)$ va fi pozitivă. Comparatorul descris funcționează după principiul multiplicării.

Dacă notăm cu $U_B \cos \omega_0 t$ semnalul „salvă” presupus de data aceasta fără comutare secvențială aplicat pe baza Tr_{26} și cu $F_0 \cos (\omega_0 t + \theta)$ semnalele provenite de la oscilator și aplicate pe bazele T_{27} și T_{28} , curenții de colector, precum și tensiunea u_{13-14} va fi proporțională cu

$$E_F \cos \omega_p t \cdot E_O \cos (\omega_p t + \theta) = \frac{E_F E_O}{2} [\cos (2 \omega_p t + \theta) + \cos \theta]$$

Componenta de frecvență dublă față de frecvența subpurtătoarei va fi suprimate de filtrul trece jos intercalat între comparator și etaj de reactanță, rămânând componenta de joasă frecvență, proporțională cu $\cos \theta$.

FILTRUL TENSIUNII DE REGLAJ

Conform celor descrise pînă acum s-a constatat că eventuale variații relative între faza semnalului „salvă” și faza subpurtătoarei regenerate se reflectă

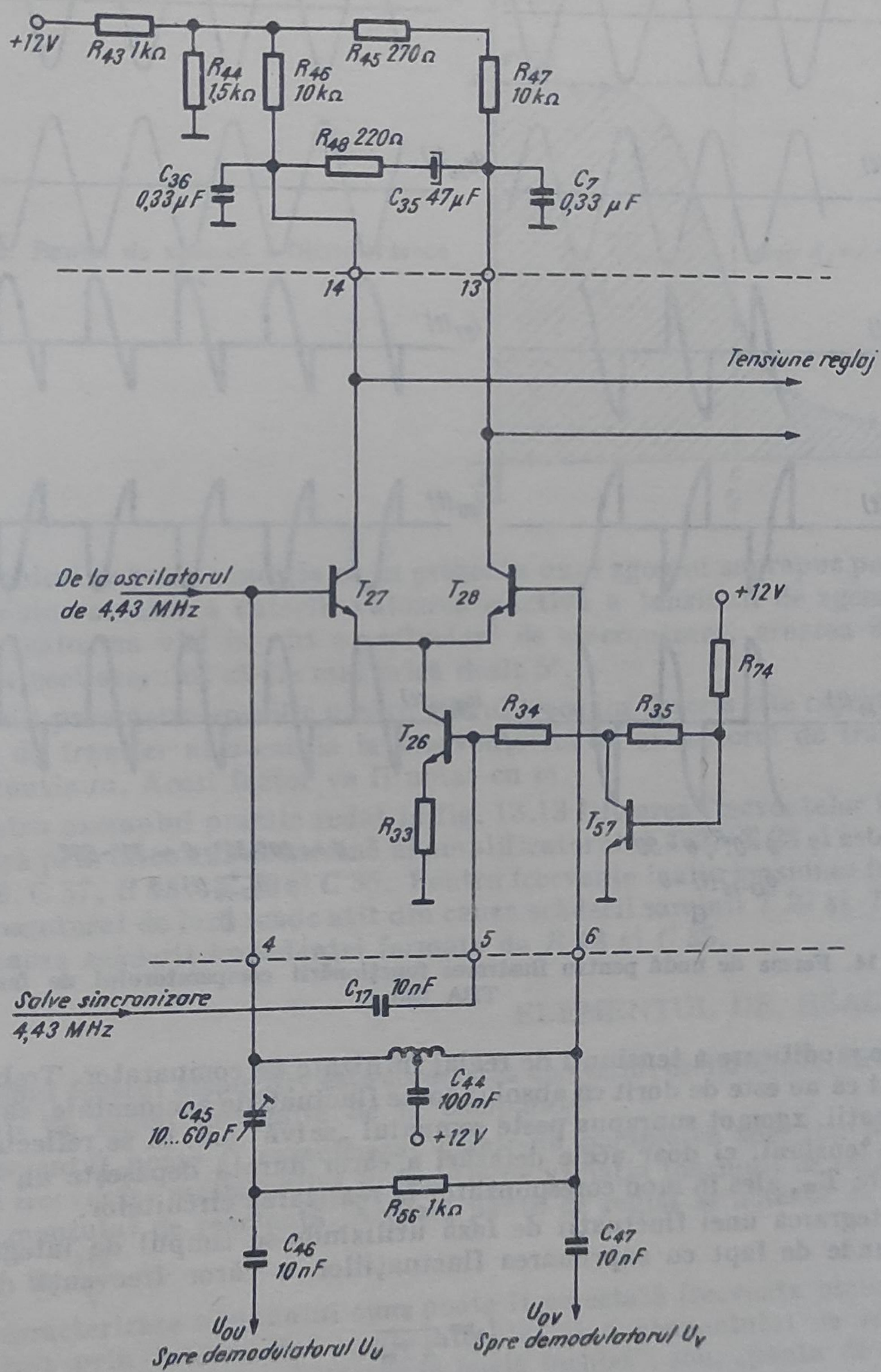


Fig. 13.13. Comparator de fază din CI tip TBA 540, utilizat într-un TV în culori „Barco”.

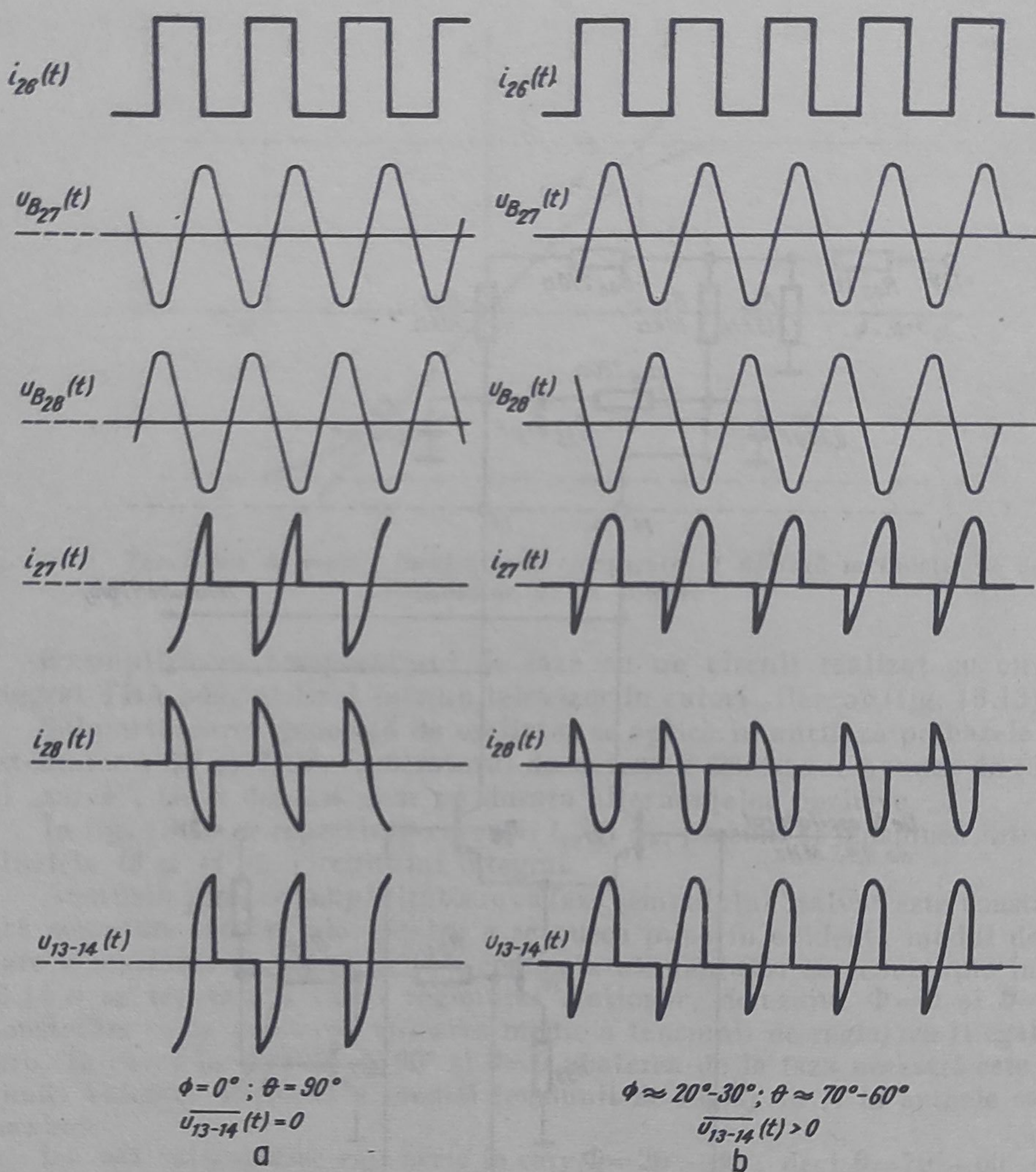


Fig. 13.14. Forme de undă pentru ilustrarea funcționării comparatorului de fază din CI TBA 540

printr-o modificare a tensiunii de reglaj furnizate de comparator. Trebuie însă precizat că nu este de dorit ca absolut toate fluctuațiile accidentale, cauzate de perturbații, zgomot suprapus peste semnalul „salvă” ș.a. să se reflecte asupra acestei tensiuni, ci doar acele defazări a căror durată depășește un timp de integrare T_m , ales în mod corespunzător la realizarea circuitelor.

Integrarea unei fluctuații de fază utilizându-se timpul de integrare T_m corespunde de fapt cu suprimarea fluctuațiilor a căror frecvență depășește

$$f_z = \frac{1}{2 T_m}$$

Frecvența f_z se numește banda de zgomot a filtrului trece jos echivalent al caracteristicii de transfer fază-frecvență $V(f)$ a buclei de sincronizare. Determinarea frecvenței f_z se face de obicei grafic (fig. 13.15). În acest scop

se pune condiția ca aria formată de abscisă, ordonată și pătratul caracteristicii fază-frecvență a filtrului $V^2(f)$ să fie egală cu aria pătratului cu laturile $V^2(o)$ și f_z . La această determinare se folosește pătratul caracteristicii de frecvență pentru a stabili o echivalență în putere a semnalelor de ieșire a filtrului real și a filtrului ideal.

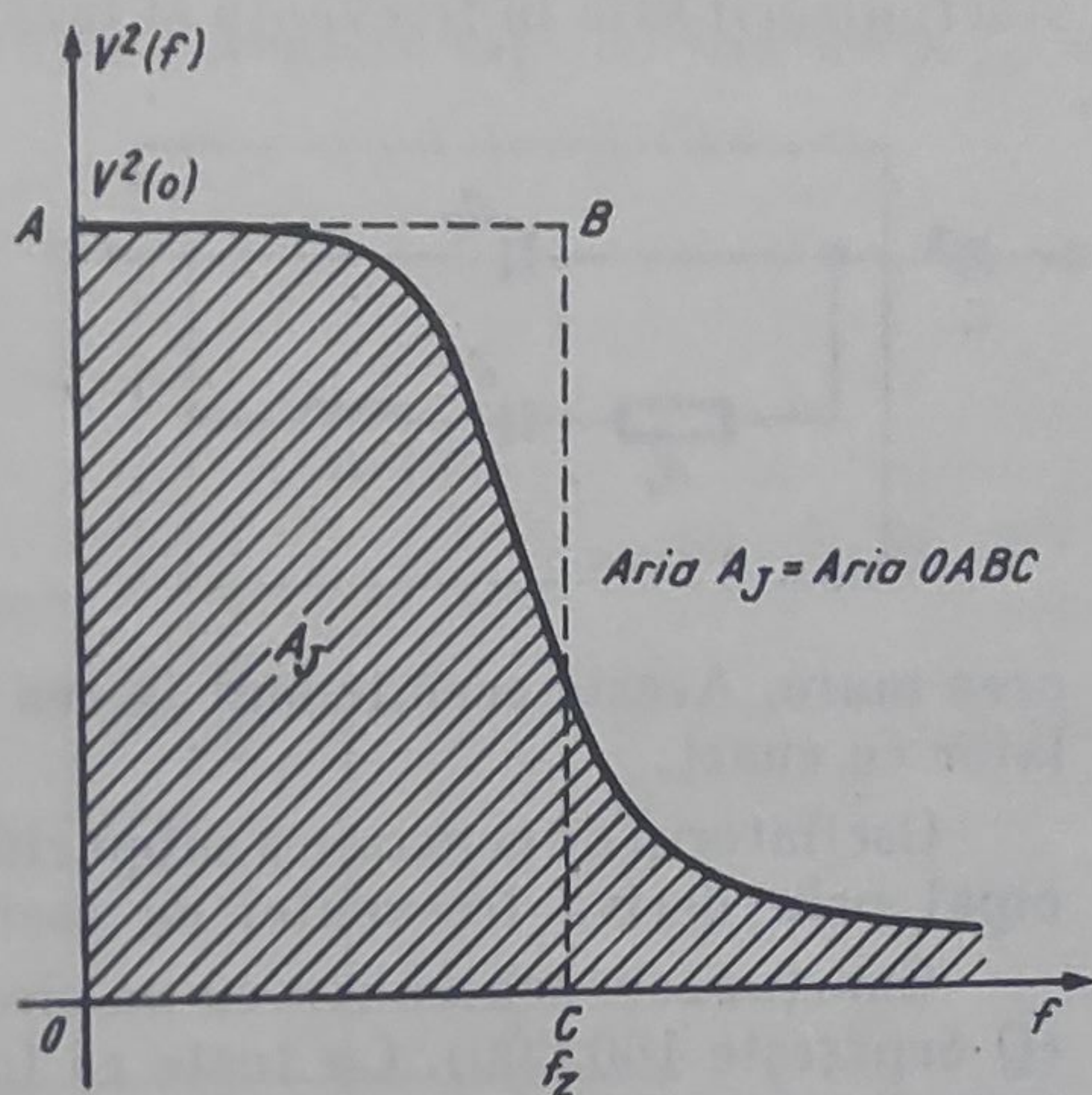


Fig. 13.15. Banda de zgomot a filtrului trece jos.

De obicei se pune condiția ca în prezența unui zgomot suprapus peste semnalul de sincronizare a culorii, valoarea efectivă a tensiunii de zgomot fiind egală cu valoarea vîrf la vîrf a „salvelor” de sincronizare, eroarea dinamică de fază a oscilatorului să fie mai mică decît 5° .

Un alt parametru specific pentru filtrul trece jos descris este raportul între factorul de transfer al acestuia la frecvențe înalte și factorul de transfer în curent continuu. Acest factor va fi notat cu m .

Pentru exemplul practic redat în fig. 13.13 filtrarea frecvențelor înalte se realizează prin circuitul de sarcină al amplificatorului T 27/T 28 și este format din C 36, C 37, R 43 — R 48 și C 35. Pentru frecvențe înalte tensiunea furnizată de comparatorul de fază scade atît din cauza scăderii sarcinii T 27 și T 28, cît și din cauza scăderii impedanței formate de R 48 și C 35.

ELEMENTUL DE REACTANȚĂ

Scopul acestui dispozitiv este corectarea acordului oscilatorului cu ajutorul tensiunii de reglaj provenite de la comparator.

Elementul poate fi caracterizat printr-un parametru specific: panta de reglaj a frecvenței oscilatorului în funcție de variația tensiunii de reglaj aplicate elementului de reactanță. Această pantă de reglaj se notează cu β și se măsoară în $\frac{\text{Hz}}{\text{V}}$.

O caracterizare a modului cum poate fi corectată frecvența oscilatorului sincronizat prin intermediul comparatorului și a elementului de reactanță se face cu parametrul „amplificarea în buclă închisă”, sau, „panta de reglaj”.

$$f_s[\text{Hz}] = \mu[\text{V}] \cdot \beta \left[\frac{\text{Hz}}{\text{V}} \right]$$

OSCILATORUL PILOT

Oscilatorul utilizat pentru generarea semnalului de referință PAL trebuie să se caracterizeze printr-o foarte bună stabilitate în timp și cu temperatura. Fiind montat în bucla de sincronizare a fazei trebuie să existe posibilitatea sincronizării sale în frecvență și fază, fără să fie necesară o bandă de zgomot

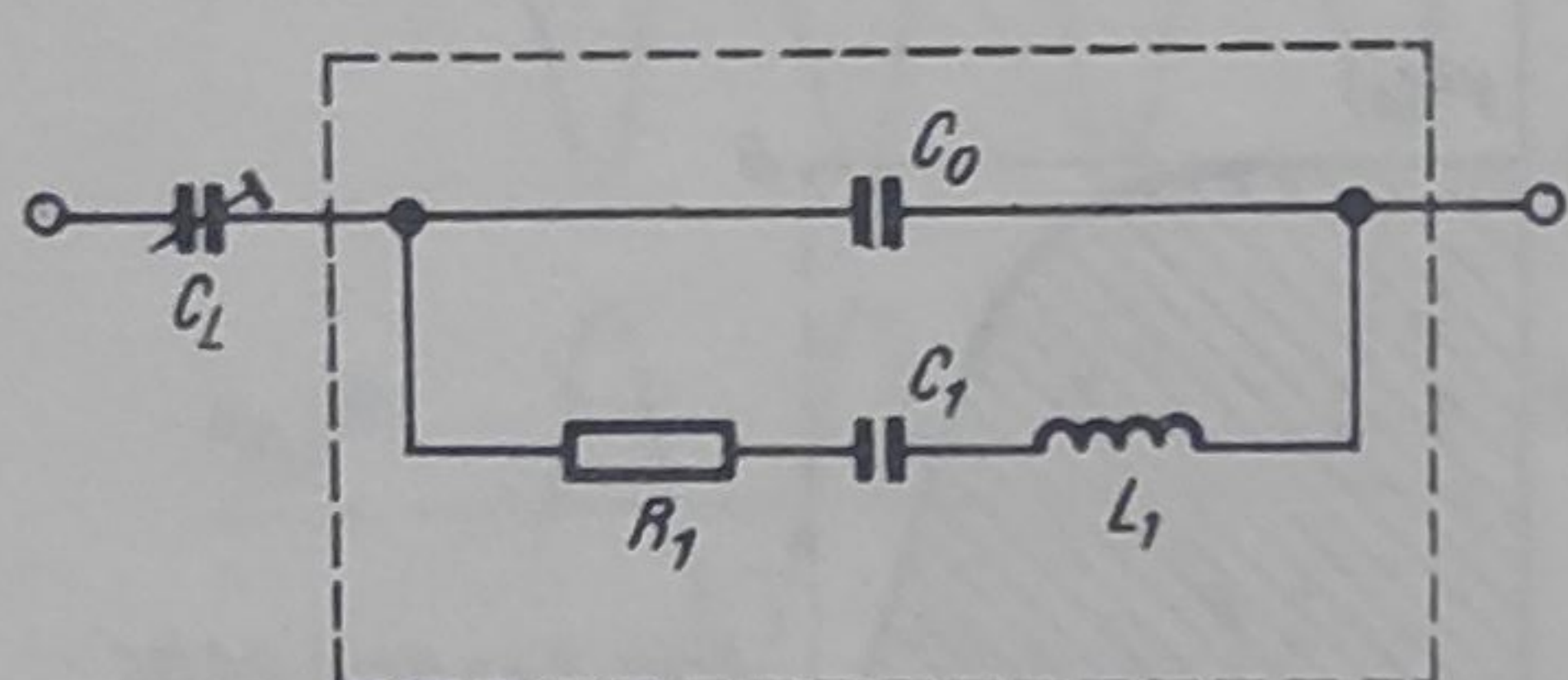


Fig. 13.16. Schema electrică, echivalentă a cuarțului, în regim de oscilație, cu capacitate externă C_L legată în serie.

prea mare. Aceste cerințe sînt în cea mai bună măsură satisfăcute de un oscilator cu cuarț.

Oscilatorul de generare a subpurtătoarei de culoare se caracterizează în principal prin deriva frecvenței de oscilație Δf_d .

Cuarțul este echivalent cu un circuit oscilant cu factor de calitate excelent (Q depășește 100 000). Cu toate că frecvența de rezonanță a cuarțului este în mare măsură determinată de parametrii acestuia, această frecvență poate fi influențată și de elemente exterioare.

O astfel de posibilitate este legarea în serie a unui condensator (fig. 13.16).

Exemplul redat în cele ce urmează este un oscilator cu cuarț tip „Clapp”, fig. 13.17. Elementul de amplificare este T 10, terminalul 1 este ieșirea defazată și terminalul 15 intrarea amplificatorului. Amplificarea maximă este de cca 4,7 și este determinată de raportul

$$\frac{R_{14}}{\frac{R_{12} R_{13}}{R_{12} + R_{13}}}$$

Pentru a ne referi la modul de sincronizare a oscilatorului trebuie să precizăm că între comparatorul de fază din fig. 13.20 și terminalul 2 al CI se situează un circuit de formare și de comandă pentru etajul de reactanță, acesta din urmă fiind alcătuit din condensatoarele C 43 și C 34.

Condensatorul variabil C 43 va fi reglat pentru a asigura frecvența de oscilație nesincronizată, cît mai apropiată de f_p . Astfel se pot compensa toleranțele frecvenței de oscilație a cristalului de cuarț.

Circuitul de formare furnizează în cazul „sincronismului” o tensiune în terminalul 2 egală cu tensiunea din terminalul 15. În acest caz C 43 este conectat în paralel cu cristalul de cuarț, oscilatorul furnizează subpurtătoarea sincronizată în frecvență și fază, regimul de funcționare corespunde unei stări de mijloc.

Cele două situații extreme care pot fi impuse de tensiunea de comandă din terminalul 2 corespund unei tensiuni egale cu zero, respectiv egale cu valoarea dublă a tensiunii din terminalul 15. În primul caz reactanța conectată în paralel cu cristalul de cuarț este dată de conectarea în serie a condensatoarelor C 34 și C 43; capacitatea suplimentară, dispusă în paralel cu cristalul

de cuarț este minimă, ceea ce corespunde unei frecvențe maxim realizabile. În cel de-al doilea caz extrem, circuitul se comportă ca și cum C 43 ar avea o capacitate negativă, ceea ce corespunde frecvenței minime care poate fi generată de oscilator, comparativ cu frecvența semnalului de referință.

Dacă se ține cont de variația frecvenței de oscilație cu temperatura și fenomenul de „îmbătrânire” a cuarțului, rezultă o abatere față de frecvența f_p de cca 200–250 Hz.

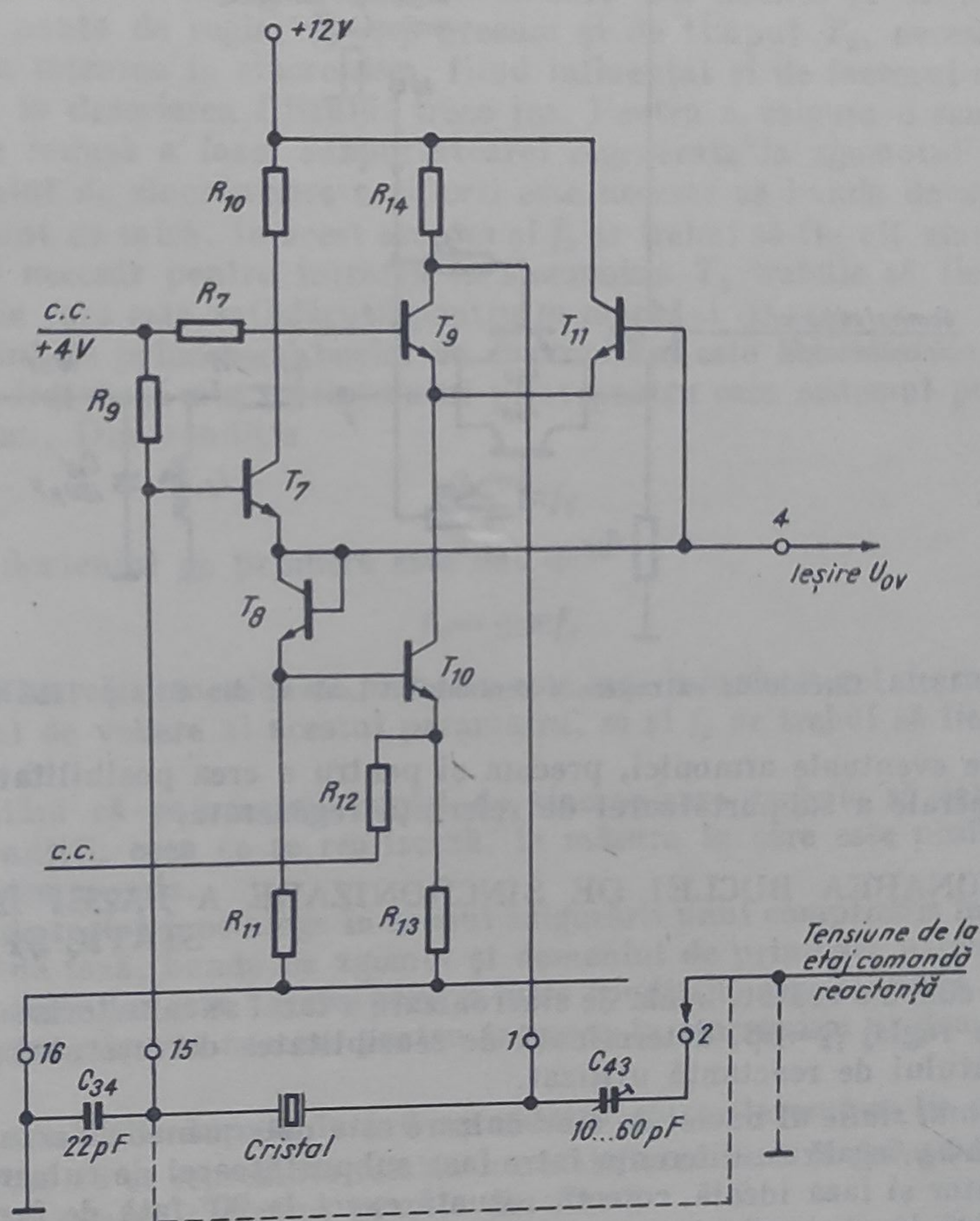


Fig. 13.17. Oscilatorul cu cuarț pentru regenerarea subpurtătoarei de culoare și etajul de reacțanță, parte integrantă a CI tip TBA 540.

EXTRAGEREA SEMNALULUI „SALVĂ”

Pentru a asigura o sincronizare bună a subpurtătoarei este necesar ca semnalul „salvă” extras din semnalul complet de crominanță să fie complet separat de alte semnale, să nu fie prea zgomotos și să nu fie influențat de reglajul de contrast sau saturație.

Un circuit practic foarte simplu este cel reprezentat în fig. 13.16. Semnalul complet de crominanță din emitorul T 57 se aplică pe emitorul T 59 și colectorul T 58. Pe durata impulsului de extragere pentru salve se vor sa-

tura ambele tranzistoare menționate, permițind semnalului să ajungă pe terminalul 7. Aceste impulsuri sînt similare cu impulsurile de axare, fiind situate pe flancul posterior al impulsurilor de stingere linii (impulsuri „salvă”). Înainte de a aplica semnalul „salvă” comparatorului de fază, acesta este aplicat unui circuit derivație în scopul separării semnalului de sincronizare a

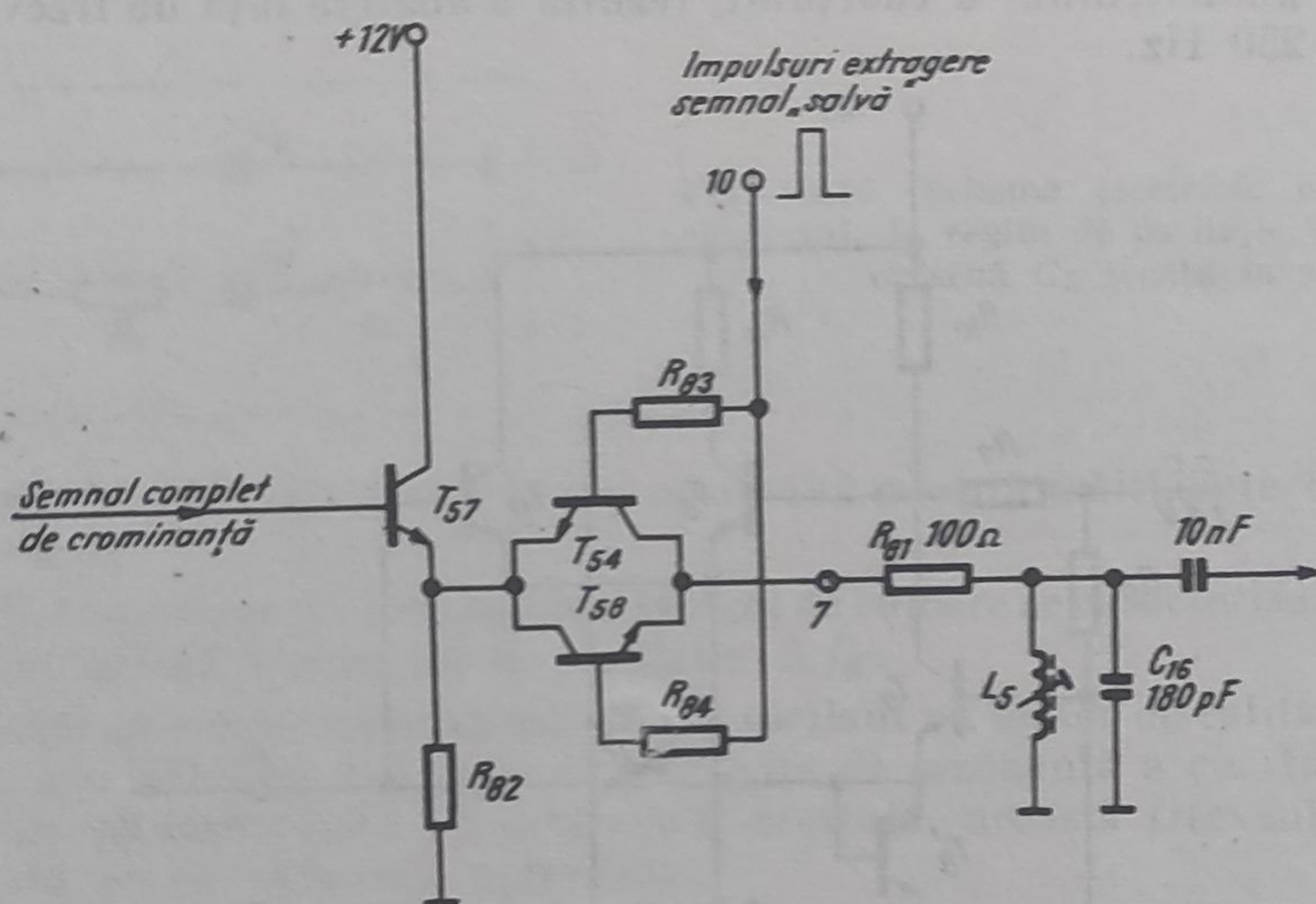


Fig. 13.18. Circuit de extragere a semnalului „salvă” din CI tip TBA 560 C.

culorii de eventuale armonici, precum și pentru a crea posibilitatea reglării fazei generale a subpurtătoarei de referință regenerate.

FUNCȚIONAREA BUCLEI DE SINCRONIZARE A FAZEI ÎN REGIM STATIC ȘI DINAMIC

Așa cum s-a arătat, bucla de sincronizare a fazei se caracterizează printr-o pantă de reglaj $f_s = \mu\beta$, determinată de sensibilitatea detectorului de fază și a elementului de reactanță utilizat.

Regimul static al buclei de sincronizare este determinat de eroarea statică de fază $\Delta\Phi_s$, egală cu diferența între faza subpurtătoarei de culoare generate de oscilator și faza ideală, corectă, situată exact la 90° față de faza medie a semnalului de sincronizare a culorii. Eroarea statică de fază este dată de relația

$$\Delta f = \mu\beta \sin \Delta\Phi_s = f_s \sin \Delta\Phi_s$$

Constatăm că panta de reglaj este o frecvență de referință care determină pentru o abatere a frecvenței de oscilație cu Δf față de f_p o eroare de fază egală cu $\Delta\Phi_s$.

De obicei se impune ca $\Delta\Phi_s$ să fie de maximum 5° . Pentru un anumit Δf (determinat de deriva oscilatorului pilot), condiția ca $\Delta\Phi_s$ să fie suficient de mic va fi îndeplinită prin alegerea unei pante de reglaj suficient de mari.

Domeniul de menținere al buclei de sincronizare este abaterea maximă admisibilă a frecvenței de oscilație fără ca sistemul să iasă din sincronism.

Având în vedere că defazajul maxim admisibil față de faza normală poate fi $\Delta\Phi_s = \pm 90^\circ$ rezultă

$$f_H = \pm f_s$$

Constatăm că și din punct de vedere al domeniului de menținere, f_s trebuie să fie suficient de mare.

Regimul dinamic al buclei de sincronizare este descris de banda de zgomot f_z , de panta de reglaj $f_s = \mu\beta$ precum și de timpul T_e , necesar circuitului pentru intrarea în sincronism, fiind influențat și de factorul m de care s-a amintit la descrierea filtrului trece jos. Pentru a asigura o sensibilitate suficient de redusă a fazei subpurtătoarei regenerate la zgomotul suprapus peste semnalul de sincronizare a culorii este necesar ca banda de zgomot f_z să fie suficient de mică. În acest scop m și f_s ar trebui să fie cât mai mici.

Timpul necesar pentru intrarea în sincronism T_e trebuie să fie cât mai mic, condiție care este satisfăcută pentru m mare, și Δf mic.

Domeniul de prindere al buclei de sincronizare este delimitat de abaterile maxime de frecvență ale oscilatorului pilot pentru care sistemul poate intra în sincronism. Din condiția

$$\Delta f < m f_s$$

rezultă că domeniul de prindere este dat de

$$f_c = \pm m f_s$$

Constatăm că domeniul de prindere este mai mic decât cel de menținere. Din punctul de vedere al acestui parametru, m și f_s ar trebui să fie cât mai mari.

Constatăm că parametrii buclei de sincronizare trebuie să satisfacă o serie de condiții, ceea ce se realizează, în măsura în care este posibil, prin soluții de compromis.

Panta de reglaj f_s se alege în scopul asigurării unui compromis între eroarea statică de fază, banda de zgomot și domeniul de prindere; parametrul m al filtrului trece jos este un compromis între condițiile care se referă la factorul de zgomot, timpul necesar pentru intrarea în sincronism și domeniul de prindere.

Toate condițiile impuse includ necesitatea ca oscilatorul să fie cu cuarț.

În fig. 13.19 se reprezintă relația între abaterea de fază $\Delta\Phi$ și deriva de frecvență Δf pentru circuitul practic descris.

Constatăm că bucla are următorii parametri:

- Domeniu de menținere $f_H = \pm 600$ Hz
- domeniu de prindere $f_c = \pm 300$ Hz
- eroarea de fază statică $\Delta\Phi_s \approx 5^\circ$ pentru $\Delta f = 50$ Hz

COMUTATORUL SECVENȚIAL

Schimbarea fazei semnalului de cromaticitate U_V cu $\pm 90^\circ$ față de faza semnalului U_U trebuie să fie compensată în decodor printr-o comutare similară a fazei semnalelor de cromaticitate înainte de demodulare. O metodă practică este utilizarea comutării secvențiale a subpurtătoarei U_{OV} care urmează să fie aplicată demodulatorului U_V .

O schemă practică este reprezentată în fig. 13.20. U_{ov} este aplicată pe terminalul 2 al CI tip TBA 540. Curenții furnizați de T_{24} și T_{27} sînt în antifază și formează curenții de emitor pentru tranzistoarele T_{22} și T_{23} , respectiv T_{25} și T_{26} . Comutarea propriu-zisă este comandată de impulsuri dreptunghiulare, de frecvență $\frac{f_H}{2}$, care se aplică în antifază pe bazele tranzis-

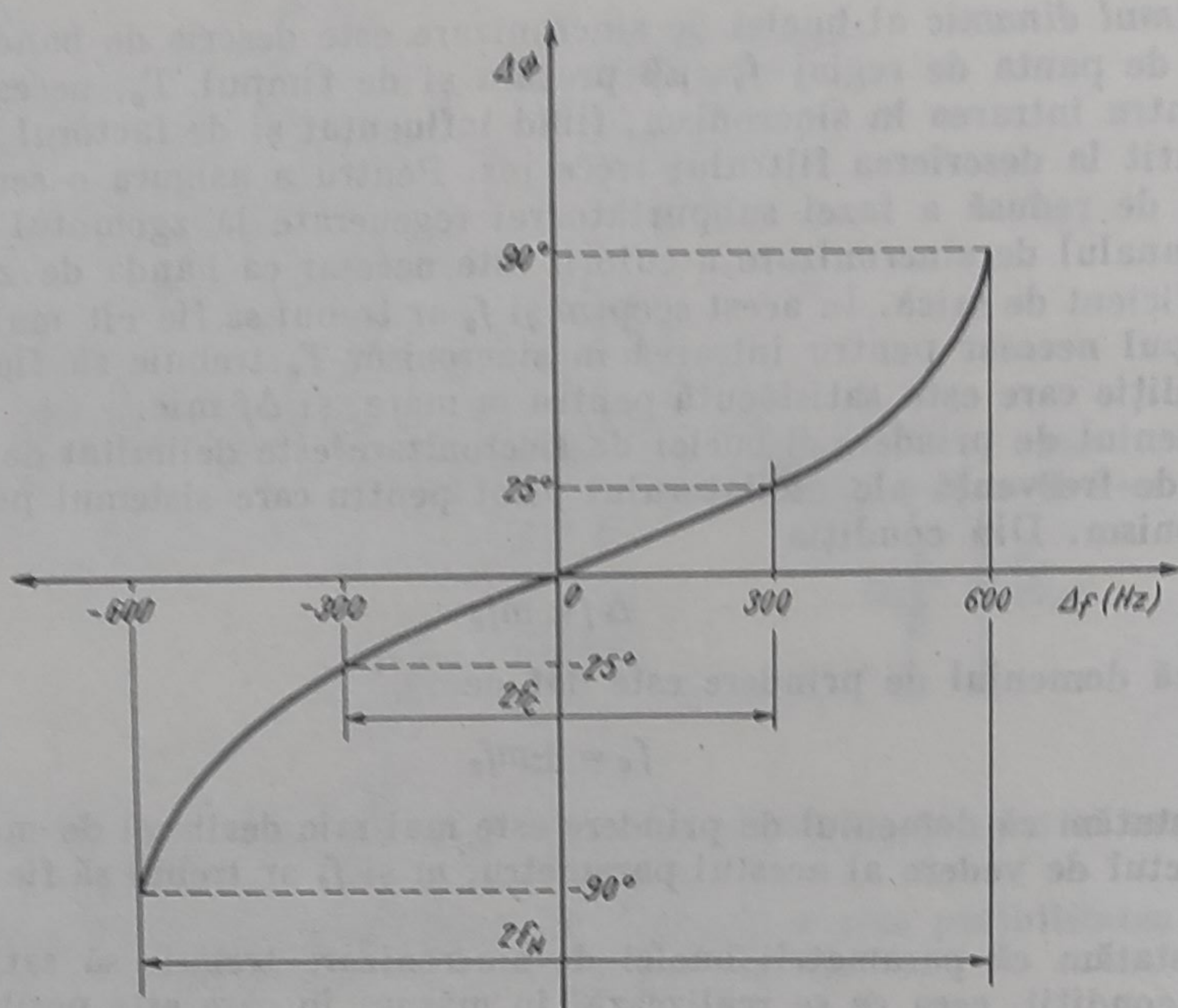


Fig. 13.19. Relația între deviația fazei (față de valoarea ideală) și abaterea de frecvență a oscilatorului pilot față de f_p .

toarelor T_{22} și T_{26} respectiv T_{23} și T_{25} . Pe timpul liniilor considerate „impare” tranzistoarele T_{22} și T_{26} vor conduce, T_{23} și T_{25} vor fi blocate. Semnalul din colectorul T_{24} va fi transmis spre ieșirea A, semnalul din colectorul tranzistorului T_{27} însă spre ieșirea B. Pe durata liniilor „impare”, T_{22} și T_{26} vor fi blocate, în timp ce T_{23} și T_{25} vor conduce. Semnalul furnizat de T_{24} va fi comutat spre ieșirea B, cel furnizat de T_{27} ajunge la ieșirea A. Astfel se va schimba polaritatea semnalului de la ieșirea după fiecare linie TV, realizîndu-se comutarea secvențială a fazei cu ajutorul impulsurilor furnizate de circuitul basculant bistabil.

CIRCUITUL DE DEFAZARE CU 90°

Din cauza faptului că faza subpurtătoarei furnizate de oscilatorul local diferă cu 90° față de faza medie a salvelor de sincronizare (fără a se lua deocamdată în considerare comutarea secvențială a fazei cu $\pm 45^\circ$), rezultă că pentru a obține subpurtătoarea aplicată demodulatorului U_V mai este necesară încă o defazare suplimentară, fixă, de 90° (fig. 13.13).

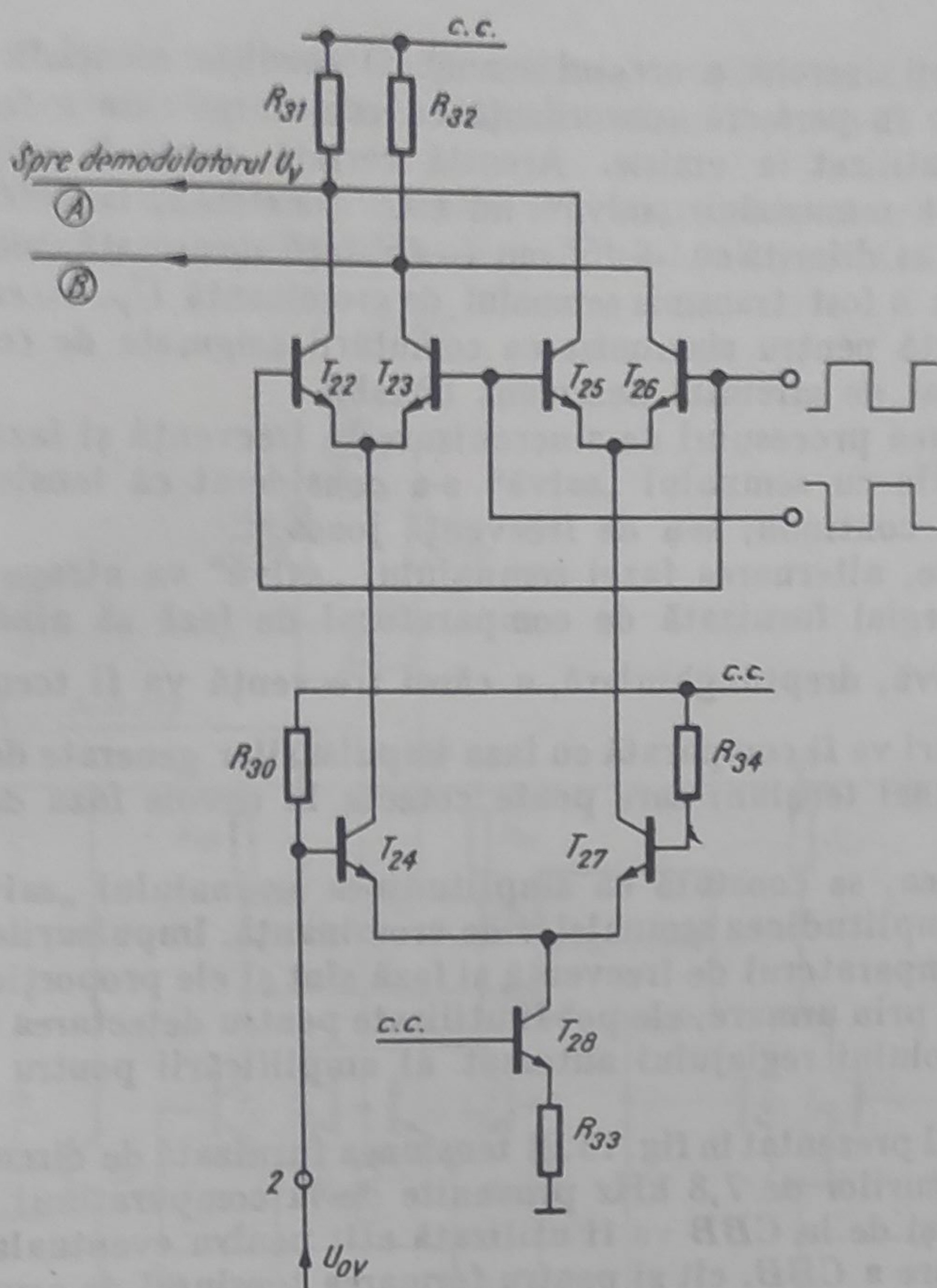


Fig. 13.20. Comutatorul secvențial pentru subpurătoarea U_{ov} .

Semnalele din terminalele 4 și 6 vor fi în antifază. Semnalul care rezultă în punctul comun al rezistorului R_{56} și al condensatorului C_{45} , destinat demodulatorului U_v va fi

$$U_{ov} = 2U_{ov} \frac{\frac{1}{j\omega C_{45}}}{R_{56} + \frac{1}{j\omega C_{45}}} = \frac{2U_{ov}}{1 + j\omega C_{45} R_{56}}$$

Condiția de defazare este

$$\arctan \omega C_{45} R_{56} = 90^\circ$$

din care rezultă valorile componentelor utilizate în circuitul de defazare.

CIRCUITUL DE IDENTIFICARE, DE GENERARE A TENSIUNII DE CONTROL PENTRU RAA AL SEMNALULUI DE CROMINANȚĂ ȘI A TENSIUNII PENTRU BLOCAREA AUTOMATĂ A CULORII

S-a arătat că în decodorul PAL se realizează o comutare secvențială, neîntreruptă, a fazei semnalului de crominanță U_v sau a subpurătoarei desti-

nate demodulării sincrone a acestui semnal. O condiție esențială este ca această comutare să fie în perfectă concordanță cu comutarea care a fost efectuată în codorul PAL utilizat la emisie. Această cerință poate fi asigurată datorită faptului că faza semnalului „salvă” nu este constantă, la 180° față de faza semnalului U_V , ci diferită cu $+45^\circ$ sau -45° față de această valoare, în funcție de faza cu care a fost transmis semnalul de crominanță U_V . Această informație poate fi utilizată pentru sincronizarea comutării asigurate de comutatorul secvențial comandat de circuitul basculant bistabil.

La descrierea procesului de sincronizare în frecvență și fază a oscilatorului de 4,43 MHz cu semnalul „salvă” s-a considerat că tensiunea de reglaj rezultantă este continuă, sau de frecvență joasă.

În realitate, alternarea fazei semnalului „salvă” va atrage după sine ca tensiunea de reglaj furnizată de comparatorul de fază să aibă și o componentă alternativă, dreptunghiulară, a cărei frecvență va fi tot mai $\frac{f_H}{2}$. Faza acestor impulsuri va fi comparată cu faza impulsurilor generate de CBB în scopul generării unei tensiuni care poate corecta la nevoie faza de comutare a CBB.

De asemenea, se constată că amplitudinea semnalului „salvă” este proporțională cu amplitudinea semnalelor de crominanță. Impulsurile de 7,8 kHz, furnizate de comparatorul de frecvență și fază sînt și ele proporționale cu semnalul „salvă” și prin urmare, ele pot fi utilizate pentru detectarea unei tensiuni destinate controlului reglajului automat al amplificării pentru semnalul de crominanță.

În exemplul prezentat în fig. 13.21 tensiunea furnizată de circuitul de comparare a impulsurilor de 7,8 kHz provenite de la comparatorul de frecvență și fază precum și de la CBB va fi utilizată atît pentru eventuala corectare a fazei de comutare a CBB, cît și pentru formarea tensiunii de comandă pentru RAASC. De asemenea, un circuit auxiliar asigură generarea tensiunii necesare pentru blocarea automată a culorii.

În cazul în care cele două succesiuni de impulsuri sînt sincronizate pe durata tuturor liniilor TV, tensiunea ieșirii A va fi mai mare decît tensiunea ieșirii B. Un amplificator de curent continuu furnizează în acest caz o tensiune a cărei valoare este sub un prag dinainte stabilit. Detectorul de nivel va comanda blocarea tranzistorului T 49. Tensiunea de la ieșirea amplificatorului de curent continuu va fi transmisă spre terminalul 9 al circuitului integrat prin intermediul repetitorului pe emitor T 47.

În cazul în care succesiunile de impulsuri comparate sînt în antifază, intrarea A va fi mai puțin pozitivă decît intrarea B. Tensiunea de ieșire a amplificatorului de curent continuu va depăși un anumit prag, detectorul de nivel va furniza o tensiune mai mare, aproape egală cu tensiunea de alimentare. Tensiunea de ieșire de pe terminalul 9 va crește brusc, fiind acum dictată de regimul de funcționare al tranzistorului T 49. Această tensiune va fi utilizată pentru controlarea regimului de funcționare a CBB.

În cazul unei funcționări normale, cînd impulsurile sînt în fază, tensiunea din terminalul 9 poate fi utilizată și pentru reglajul automat al amplificării semnalului de crominanță.

Dacă semnalul de crominanță va fi foarte mic, impulsurile din baza tranzistorului T 30 vor deveni practic egale cu zero. Tensiunile la intrările A și B ale amplificatorului de curent continuu devin egale; tensiunea din termina-

lul 9 trebuie să aibă valoarea corespunzătoare amplificării maxime a amplificatorului de crominanță. Valoarei acestei tensiuni poate fi ajustată cu ajutorul lui P 50.

Dacă semnalul de crominanță este mai mare, impulsurile aplicate tranzistorului I 30 vor crește. Diferența de potențial între intrările A și B crește,

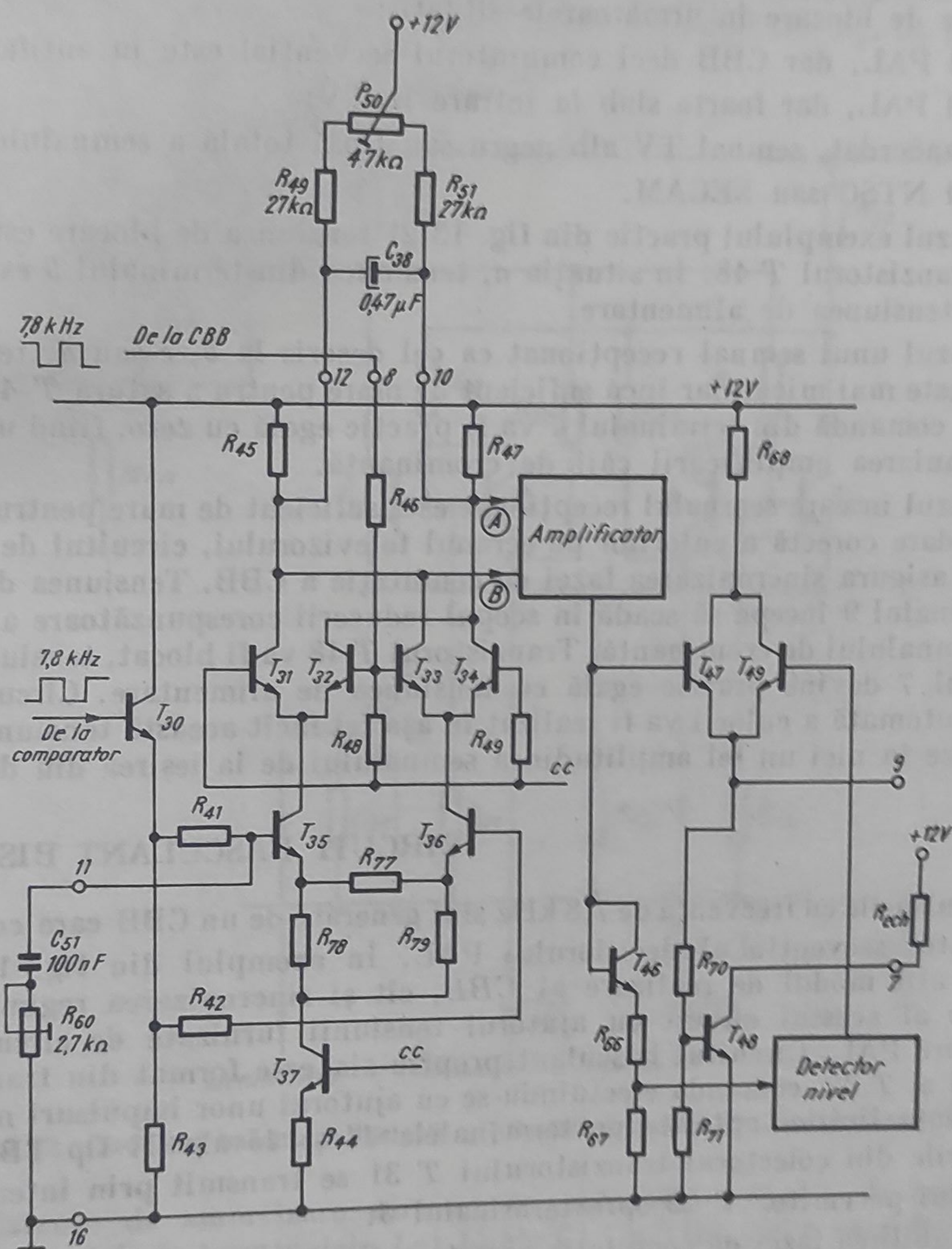


Fig. 13.21. Circuit de identificare, de generare a tensiunii pentru RAA crominanță și pentru blocarea automată a culorii (circuit integrat TBA 540).

A fiind mai pozitiv decât B. În consecință va scădea tensiunea din baza tranzistorului T 47 și din terminalul 9. Această tensiune comandă amplificatorul de crominanță, a cărui amplificare se reduce în mod corespunzător.

Circuitul descris oferă și posibilitatea reglării eficienței RAA SC cu ajutorul lui R 60. Dacă R 60 are o valoare mare, amplificarea de mod comun a perechii de tranzistoare T 35, T 36 crește și amplificarea diferențială scade, tensiunea între terminalele 12 și 10 va deveni foarte mică, iar tensiunea de comandă din

terminalul 9 devine foarte apropiată de valoarea corespunzătoare amplificării maxime. Dacă R_{60} este reglat înspre valori mici, tensiunea între 12 și 10 crește, iar tensiunea de $RAASC$ scade spre valori pentru care amplificarea căii de cromatică scade.

Circuitul de generare a tensiunii de blocare automată a culorii furnizează o tensiune de blocare în următoarele situații:

- a) semnal PAL, dar CBB deci comutatorul secvențial este în antifază;
- b) semnal PAL, dar foarte slab la intrare în TV;
- c) TV dezacordat, semnal TV alb negru sau lipsă totală a semnalului;
- d) semnal NTSC sau SECAM.

În cazul exemplului practic din fig. 13.21 tensiunea de blocare este generată de tranzistorul T_{48} . În situația *a*, tensiunea din terminalul 9 este apropiată de tensiunea de alimentare.

În cazul unui semnal recepționat ca cel descris la *b*, *c* sau *d*, tensiunea de ieșire este mai mică, dar încă suficient de mare pentru a satura T_{48} . Tensiunea de comandă din terminalul 7 va fi practic egală cu zero, fiind utilizată pentru anularea amplificării căii de cromatică.

În cazul în care semnalul recepționat este suficient de mare pentru a asigura o redare corectă a culorilor pe ecranul televizorului, circuitul de identificare va asigura sincronizarea fazei de comutație a CBB. Tensiunea de ieșire din terminalul 9 începe să scadă în scopul reducerii corespunzătoare a amplificării semnalului de cromatică. Tranzistorul T_{48} va fi blocat, tensiunea din terminalul 7 devine practic egală cu tensiunea de alimentare. Circuitul de blocare automată a culorii va fi realizat în așa fel încât această tensiune să nu influențeze în nici un fel amplitudinea semnalului de la ieșirea din decodor.

CIRCUIT BASCULANT BISTABIL

Impulsurile cu frecvența de 7,8 kHz sînt generate de un CBB care comandă comutatorul secvențial al decodului PAL. În exemplul din fig. 13.22 se prezintă atît modul de realizare al CBB, cît și sincronizarea regimului de comutare al acestui circuit cu ajutorul tensiunii furnizate de circuitul de identificare PAL. Circuitul basculant propriu-zis este format din tranzistoarele T_{31} și T_{32} , comanda efectuîndu-se cu ajutorul unor impulsuri negative de frecvența liniilor aplicate pe terminalele 14 și 15 ale CI tip TBA 520. Impulsurile din colectorul tranzistorului T_{31} se transmit prin intermediul repetitorului pe emitor T_{29} spre terminalul 3.

Restabilirea fazei de comutație corecte a CBB se poate efectua în cazul ieșirii acestuia din sincronism prin intermediul unui salt de tensiune continuă aplicat pe terminalul 1. În cazul în care CBB funcționează sincronizat, tranzistorul T_{30} rămîne blocat. Dacă faza de comutație este însă greșită, tensiunea din baza T_{30} crește, tranzistorul intră în saturație, tranzistorul T_{31} va fi blocat, T_{32} intră obligatoriu în conducție. Circuitul va rămîne în această stare pînă cînd impulsurile de 7,8 kHz provenite de la CBB și cele furnizate de comparatorul de frecvență și faza reintră în sincronism, tensiunea de identificare furnizată de circuitul de identificare scade, T_{30} se blochează, CBB reintrînd în regim normal de funcționare.

EXEMPLU PRACTIC

În cele ce urmează se va descrie funcționarea unui decodor complet PAL, echipat cu circuitele integrate TBA 560 c, TBA 520 și TBA 540, utilizat pentru echiparea unui televizor „Barco” (fig. 13.23).

Semnalul complet de TV în culori este aplicat la terminalul 4 al circuitului de decodare, transmis spre circuitul selectiv format din L_1 , C_2 și un grup

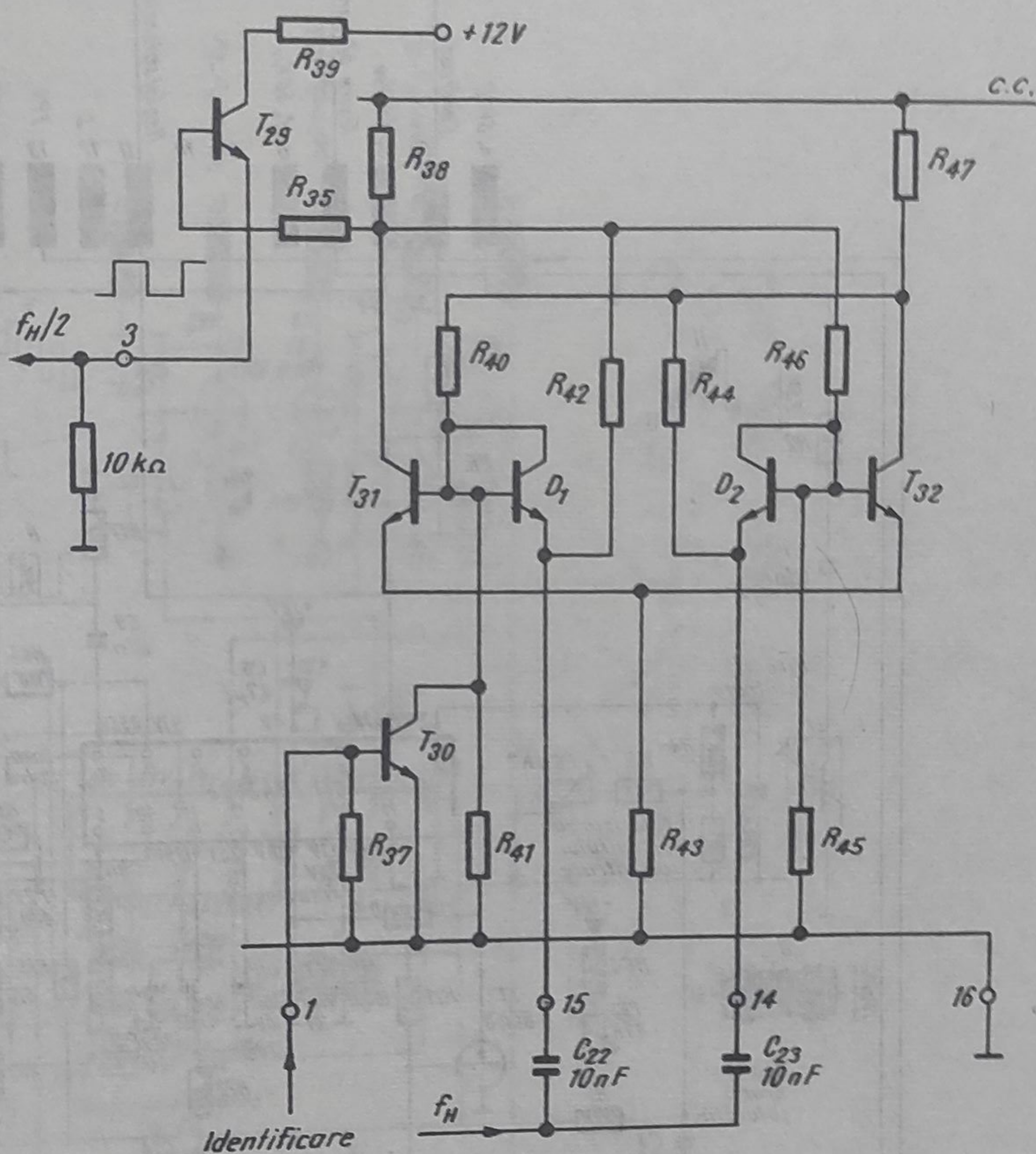
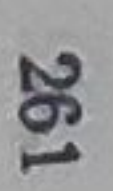


Fig. 13.22. Circuitul basculant bistabil și identificarea din circuitul integrat TBA 520.

de rezistențe de amortizare care separă semnalul complet de crominanță, aplicat simetric în terminalele 1 și 15 ale CI tip TBA 560 c care îndeplinește în continuare rolul amplificatorului de crominanță. Tensiunea de RAASC se aplică în terminalul 11 (2,5 V fără semnal — amplificare maximă; 1,1 V amplificare minimă), iar tensiunea de reglaj al saturației ($+2,7 \text{ V} \div 6,2 \text{ V}$ în sensul creșterii saturației) pe terminalul 13. Tensiunea de reglaj al saturației este dependentă de tensiunea de blocare automată a culorii. Dacă această tensiune generată de TBA 540 este egală cu $+12 \text{ V}$, reglajul de saturație va funcționa normal; dacă tensiunea devine apropiată de zero, tensiunea de alimentare a divizorului potențiometric destinat reglării saturației și tensiunea din terminalul 13 devin egale cu zero, amplificarea căii de crominanță se anulează. Un reglaj brut al amplificării de crominanță este efectuat cu ajutorul potențio-



metrului $P 65$ care determină tensiunea de mijloc în jurul căreia acționează reglajul de saturație.

Impulsurile negative de frecvența liniilor, necesare pentru suprimarea semnalului „salvă” și stingerea semnalelor de crominanță pe intervalul de stingere linii se formează și se limitează cu dioda Zener Z_1 și se aplică în terminalul 8 al CI TBA 560 c.

Semnalele de crominanță furnizate de amplificatorul de crominanță sînt transmise din terminalul 7 al CI TBA 560 c spre „calea directă” și „calea întîrziată”, echipată cu linia de întîrziere de cca $64 \mu s$. Semnalele de crominanță U_V și U_U sînt transmise prin $C 24$ și $C 25$ spre terminalele 13 respectiv 9 ale CI tip TBA 520. Principala funcționare a acestui circuit integrat este demodularea sincronă a celor două semnale de crominanță; subpurtătoarea pentru demodulatorul U_V încă „necomutată” este aplicată în terminalul 13, în timp ce U_{OV} este aplicat în terminalul 9. Comutatorul secvențial pentru U_{OV} este inclus tot în TBA 520. Cele două semnale diferență de culoare rezultate după detecție, după ce s-a compensat și ponderarea diferită a acestora efectuată înainte de modulare vor fi utilizate și pentru formarea semnalului diferență de culoare $E_G - E_Y$. Pentru a suprima componentele de $4,43 \dots$ MHz precum și cele de ordin superior se utilizează pe calea fiecărui semnal diferență de culoare un filtru trece jos urmat de un repetor pe emitor care asigură o adaptare foarte bună cu etajul următor. În acest mod, semnalele $(E_R - E_Y)$, $(E_G - E_Y)$ și $(E_B - E_Y)$ disponibile în terminalele 4, 5 și 7 ale circuitului integrat TBA 520 sînt transmise spre ieșirile 21, 20 și respectiv 19 ale circuitului de decodare PAL.

Regenerarea subpurtătoarei de culoare se realizează cu ajutorul unor circuite incluse și aferente circuitului integrat tip TBA 540. Frecvența de oscilație liberă, nesincronizată în absența semnalului „salvă”, poate fi reglată cu $C 43$, un condensator ajustabil. Comparatorul de frecvență și fază din TBA 540 compară subpurtătoarea de culoare cu semnalul de sincronizare a culorii, aplicat în terminalul 5 al CI tip TBA 540. Filtrul trece jos din bucla de sincronizare este realizat cu componente exterioare circuitului integrat, conectate între terminalele 13 și 14. Semnalul „salvă” este extras din semnalul complet de crominanță cu ajutorul impulsurilor „salvă”, formate din impulsurile de întoarcere linii cu ajutorul circuitului de formare realizat cu $R 28$, $D 2$, L_4 , C_{20} și C_{21} . Impulsurile sînt aplicate în terminalul 10 al CI TBA 560 c. „Salvele” de sincronizare rezultă în terminalul 7 al CI TBA 660 c, sînt aplicate pe un circuit derivație acordat pe $4,43$ Mhz fiind apoi transmise spre comparatorul de fază. Cu ajutorul bobinei semireglabile L_2 din circuitul derivație sus menționat se poate modifica faza semnalului „salvă” și prin urmare faza generală a subpurtătoarei regenerate.

Subpurtătoarea regenerată, necesară pentru formarea semnalului U_{OV} rezultă în terminalul 6 al CI TBA 540; U_{OV} este format prin defazare cu 90° față de subpurtătoarea regenerată, cu ajutorul rezistenței $R 56$ și a condensatorului ajustabil $C 45$, cu care se poate regla precis defazajul necesar.

Tensiunea de comandă pentru reglajul automat al amplificării semnalului de crominanță rezultă în terminalul 9 al CI TBA 540, fiind de 4 V la semnal foarte mic sau fără semnal la intrare și de $1,1$ V la semnal maxim. Tot în terminalul 9 al acestui CI rezultă și tensiunea de comandă, pentru o eventuală schimbare a fazei de comutație a CBB. Dacă circuitul de identificare din TBA 540 va stabili faptul că această comutație este greșită, în terminalul

9 rezultă o tensiune de +9 V care este divizată, aplicându-se un impuls de cca 1 V în terminalul 1 al TBA 520, ceea ce va determina schimbarea fazei de comutație a CBB.

Tensiunea de comandă pentru blocarea automată a culorii este furnizată în terminalul 7 al CI TBA 540 și transmisă spre potențiometrul de saturație în scopul unei eventuale reduceri la zero a saturației culorilor redade.

Toate circuitele sînt alimentate la +12 V, această tensiune fiind obținută cu ajutorul unui stabilizator serie prin reducere de la 22 V.

Menționăm că circuitul integrat TBA 560 c îndeplinește și funcțiunea de amplificator de luminanță care nu este descris, deoarece ne referim în prezenta descriere doar la circuitele care fac parte din decodorul de culoare.

13.3. DECODORUL DE CULOARE SECAM

În cap. 9.3 (fig. 9.20) a fost prezentată structura și principiul de funcționare a decodorului SECAM. În cele ce urmează se va reveni asupra unor detalii legate de modul de realizare și funcționarea diferitelor circuite componente ale unui decodor de culoare SECAM. În acest scop se va utiliza o schemă bloc stabilită pe baza modulului de realizare practică a acestor circuite (fig. 13.24).

Semnalul complet de crominanță este separat din semnalul video complex color cu ajutorul unui filtru trece bandă care îndeplinește și funcțiunea de circuit de dezaccentuare în scopul compensării preaccentuării. În continuare se amplifică semnalul complet de crominanță, se limitează amplitudinea lui la o valoare corespunzătoare pentru atacul căii directe și căii întîrziate. Prin utilizarea celor două semnale provenite din ambele căi, comutatorul secvențial comandat cu frecvența $\frac{f_H}{2}$ de un circuit basculant bistabil separă cele două semnale de crominanță U_{DR} și U_{DB} . Aceste două semnale sînt din nou supuse unui proces de limitare prin „limitatorii de cale”. Aceste etaje pot prelua și funcția compensării ponderilor diferite ale celor două semnale diferență de culoare $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ la formarea semnalelor D_R și D_B . Demodolatoarele de frecvență vor transforma cele două semnale modulate MF și limitate în amplitudine în cele două semnale diferență de culoare $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$. Circuitele de dezaccentuare de videofrecvență vor compensa favorizarea frecvențelor mai înalte din spectrul semnalelor diferență de culoare, efectuată la emisie.

În cazul decodorului SECAM se efectuează de obicei reglajul saturației acționîndu-se direct asupra amplitudinii celor două semnale diferență de culoare demodulate. Al treilea semnal diferență de culoare, $E_G - E_Y$ este format cu ajutorul unui circuit de matriciere.

Mentținerea fazei corecte de comutare a circuitului basculant bistabil, care asigură funcționarea comutatorului secvențial sincron cu procesul de comutare efectuat în dispozitivul de codare SECAM este asigurată de un circuit de identificare. Semnalul de identificare H sau V este extras din semnalul complet de crominanță cu ajutorul unui circuit de separare. Circuitul de identificare transformă semnalul de identificare într-o succesiune de impulsuri a căror fază va fi comparată cu faza impulsurilor de comutație generate de CBB. În

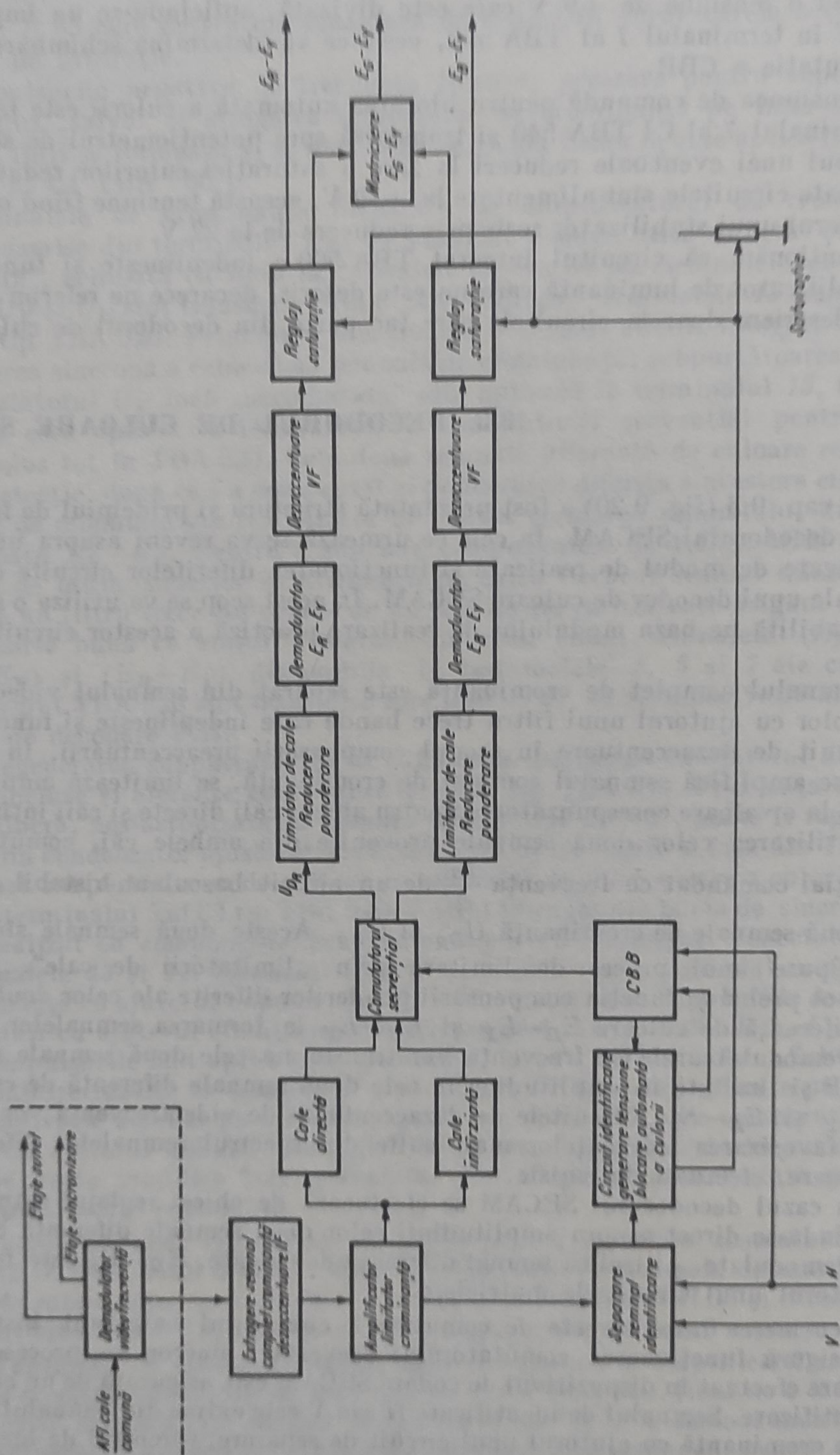


Fig. 13.24. Schema bloc a decodurului de culoare SECAM.

cazul apariției unui nesincronism, circuitul de identificare va acționa asupra CBB în scopul schimbării fazei de comutație și restabilirii sincronismului. Același circuit îndeplinește și funcția de generator al tensiunii de blocare automată a culorii care comandă trecerea recepției de pe „color” pe „alb-negru” dacă natura și calitatea semnalului recepționat nu permite redarea corectă a culorilor pe ecran.

EXTRAGEREA SEMNALULUI COMPLET DE CROMINANȚĂ ȘI DEZACCENTUAREA IF

În scopul asigurării unei compatibilități cât mai bune a sistemului de TV în culori SECAM se realizează în dispozitivul de codare o preaccentuare IF, atenuându-se partea mai densă a spectrului semnalelor de crominanță U_{DR} și U_{DB} , concentrată în jurul subpurtătoarelor utilizate în SECAM.

Compensarea acestei caracteristici speciale se asigură de un circuit „trece bandă”, denumit în practică „circuit clopot”, care realizează prin urmare atât separarea propriu-zisă a semnalului complet de crominanță din semnalul video complex color (SVCC) precum și compensarea sus menționată.

Din cauza faptului că circuitul „anticlopot” de preaccentuare din dispozitivul de codare SECAM corespunde unei funcții bine precizate (cap. 9.1), circuitul „clopot” din decodorul SECAM realizează o funcție de transfer

$$|A_c(f)| = \sqrt{\frac{1+1,6\beta^2}{1+256\beta^2}}$$

unde

$$\beta = \frac{f}{f_c} - \frac{f_c}{f} \quad (f_c = \text{frecvența de acord a circuitului}).$$

Dacă admitem erori de max. 0,6 dB se poate trece la aproximarea

$$|A_c(f)| = \frac{1}{\sqrt{1+256\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(16\beta)^2}}$$

Dacă comparăm această funcție cu caracteristica de transfer realizată de un circuit derivație

$$|A_d(f)| = \frac{1}{\sqrt{1+(\beta Q)^2}}$$

unde Q este factorul de calitate al circuitului respectiv, se ajunge la concluzia că circuitul derivație cu un factor de calitate $Q=16$ poate fi utilizat cu rezultate foarte bune pentru dezaccentuare (fig. 13.25).

„Banda de frecvențe la 3 dB” (banda de frecvențe pentru care semnalul de ieșire nu scade sub 0,707 din valoarea la acord) va fi egală cu

$$B = \frac{f_0}{Q}$$

unde $f_0 = f_c$ pentru acest circuit.

Prin urmare rezultă

$$B = \frac{4,286 \text{ MHz}}{16} = 0,268 \text{ MHz},$$

deci o valoare foarte apropiată cu cea teoretică necesară (cca 0,285 MHz).

În fig. 13.26 se prezintă o schemă practică de circuit de separare și dezaccentuare a semnalului complet de crominanță SECAM. În cazul acestui circuit se utilizează două filtre de bandă: unul este format din L_1 și C_1 și este de bandă largă ($Q \approx 4,5$, $B_{3dB} \approx 1$ MHz). Acest circuit este suficient de selectiv pentru cazul în care s-ar recepționa semnale PAL. Pentru recepția semnalelor

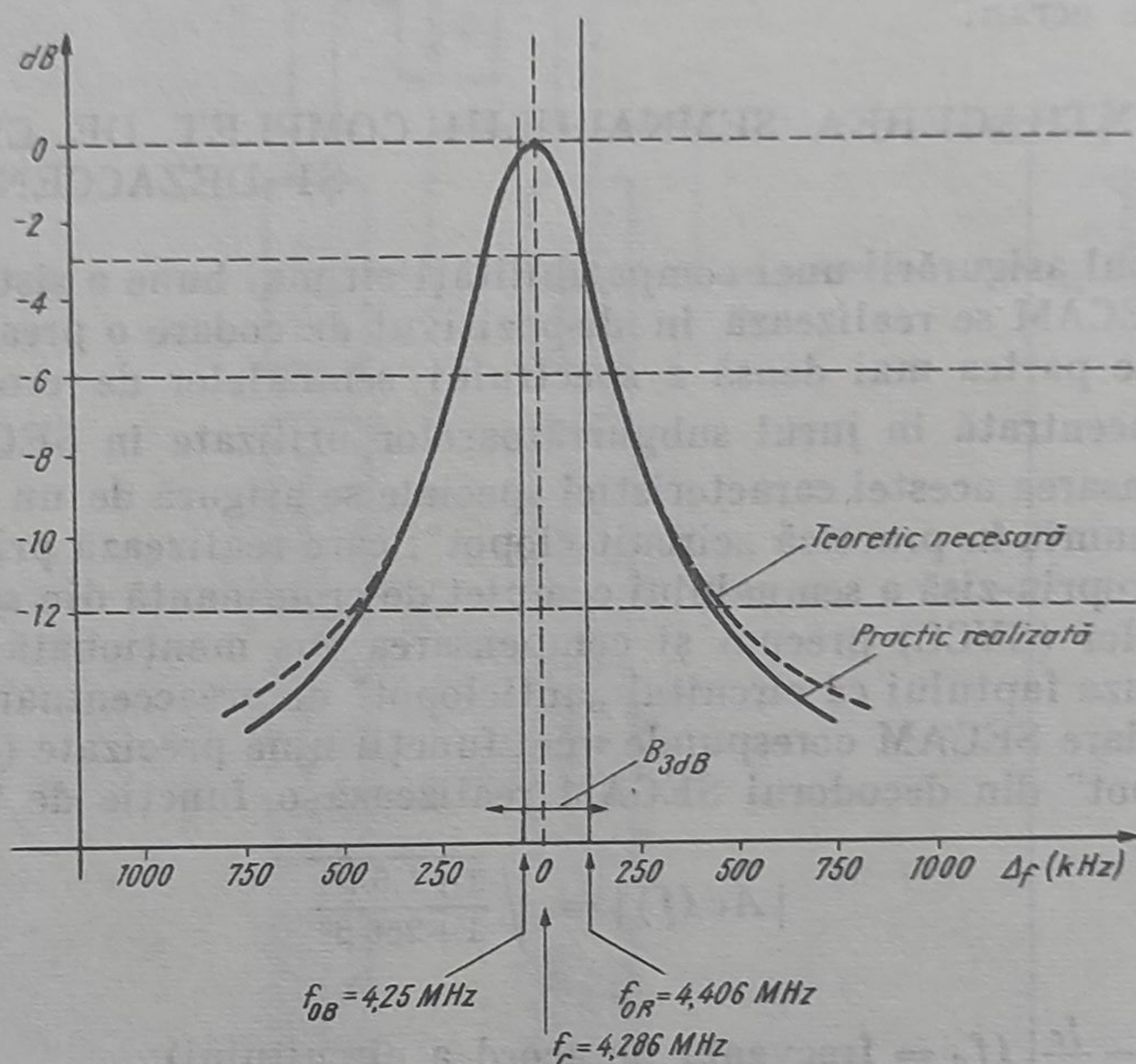


Fig. 13.25. Caracteristica amplitudine-frecvență a circuitului de dezaccentuare.

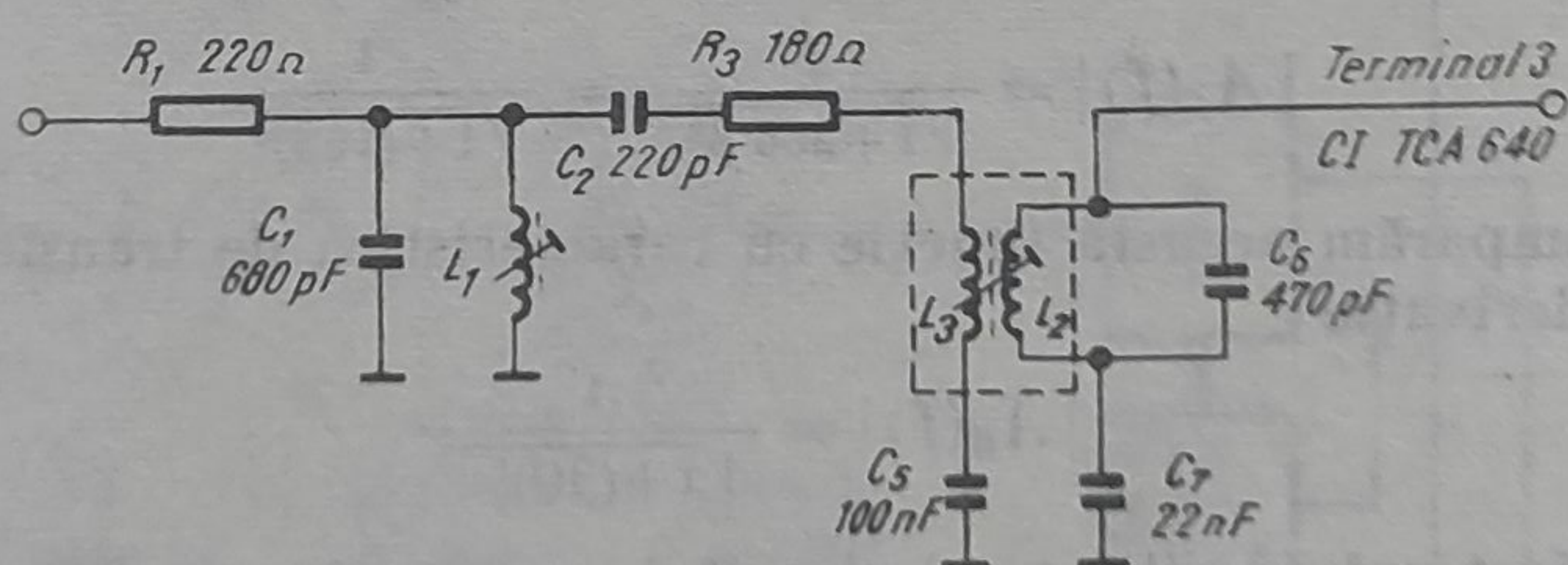


Fig. 13.26. Circuit practic de dezaccentuare IF a semnalului complet de crominanță (televizor în culori VIDEOTON TS 3301).

în SECAM se utilizează un al doilea circuit derivație mai selectiv, format din L_3 , L_2 și C_6 . Circuitul este astfel realizat încât factorul de calitate echivalent este $Q=16$. Semnalul astfel dezaccentuat este transmis spre amplificatorul limitator de crominanță.

AMPLIFICATORUL LIMITATOR DE CROMINANȚĂ

După circuitul de dezaccentuare urmează de obicei primul circuit de limitare, care are rolul de a egaliza diferențe între amplitudinile instantanee ale semnalului complet de crominanță.

Aceste variații de amplitudine pot să apară din următoarele cauze:

- caracteristica de frecvență a amplificatorului de frecvență intermediară AFI cale comună va favoriza frecvențele semnalelor de crominanță U_{D_R} și U_{D_B} din benzile laterale inferioare, cele aparținând benzilor laterale superioare situându-se pe flancul posterior, căzător al caracteristicii amplitudine-frecvență a acestui amplificator (fig. 11.2);

- în cazul în care televizorul nu este corect acordat este posibil ca purtătoarea de imagine să fie situată pe partea superioară a flancului Nyquist, în timp ce întregul spectru al semnalelor de crominanță se deplasează spre porțiuni ale curbei care vor produce o atenuare mai mare a acestor semnale;

- într-o producție de serie este foarte dificil ca circuitul „clopot” să fie întotdeauna perfect acordat și cu factorul de calitate Q perfect egal cu cel care asigură compensarea necesară. În consecință se vor produce și din această cauză modificări în amplitudinea semnalelor de crominanță;

- limitatorul IF compensează și scăderea amplitudinii semnalelor de crominanță, datorată reducerii amplitudinii semnalului video complex color de la ieșirea demodulatorului de videofrecvență. Această situație apare dacă semnalul de la intrarea în televizor a scăzut așa de mult încât circuitul de RAA numai poate menține SVCC demodulat la un nivel constant. Amplitudinea semnalului de luminanță scade, în timp ce amplitudinea semnalelor diferență de culoare va rămâne constantă. Telespectatorul va avea impresia unei creșteri excesive a saturației și a amplificării perturbațiilor pe imagine. Pentru a evita acest fenomen nedorit este indicat ca RAA să mențină SVCC constant atît cît poate fi asigurată o imagine color acceptabilă.

În funcție de tensiunea de intrare necesară, limitarea se efectuează înainte sau după amplificarea semnalului complet de crominanță. Circuitul integrat TCA 640, destinat prelucrării semnalelor de crominanță SECAM sau PAL realizează limitarea semnalului complet de crominanță SECAM în modul descris pe baza fig. 13.27.

În cazul funcționării CI TCA 640 în SECAM, terminalele 4 și 16 vor fi la potențiale foarte scăzute, fără să depășească 1 V respectiv 0,5 V. Tranzistorul T_3 va conduce, T_5 va intra în saturație. Baza tranzistorului T_{11} va ajunge la un potențial scăzut, în timp ce baza T_{12} rămîne la o tensiune continuă constantă. În consecință, T_{12} va intra puternic în conducție, tensiunea pe emitorii T_8 și T_{10} devine mai mică, crește curentul de colector și deci amplificarea acestora. Perechea T_8 , T_{10} va produce limitarea unei alternanțe a semnalelor aplicate. Urmează T_{13} , T_{16} care vor limita cealaltă alternanță.

Semnalul complet de crominanță de la ieșirea din limitator are amplitudinea mult prea mică pentru a fi aplicată la intrarea în linia de întârziere de crominanță și comutatorul secvențial. Prin urmare, semnalul va fi amplificat la o tensiune de cca 1–3 V.

Pentru a evita vizibilitatea unor perturbații pe durata întoarcerii linii și cadre pe ecranul televizorului cauzate de semnale care există pe stațiile de stingere linii și cadre este necesar ca pînă la ieșirea din decodorul de culoare să se efectueze stingerea pe linii și cadre a semnalelor transmise. În cazul decodoarelor de culoare echipate cu detector de raport pentru demodularea semnalelor de crominanță este necesar ca subpurtătoarea transmisă pe flancul posterior al stingerii linii să nu fie suprimată decît după demodulare. Dacă se utilizează demodulatoare care funcționează după principiul multiplicatoru-

lui analogic, „salvele” de subpurtătoare pot fi suprimate și înainte de demodulare. În cazul exemplelor practice prezentate se va descrie un circuit care realizează atât stingerea semnalelor de crominanță pe spațiile de stingere H și V , cât și extragerea semnalelor de identificare H și V . Circuitul va fi descris în cadrul celor prezentate referitor la problema identificării.

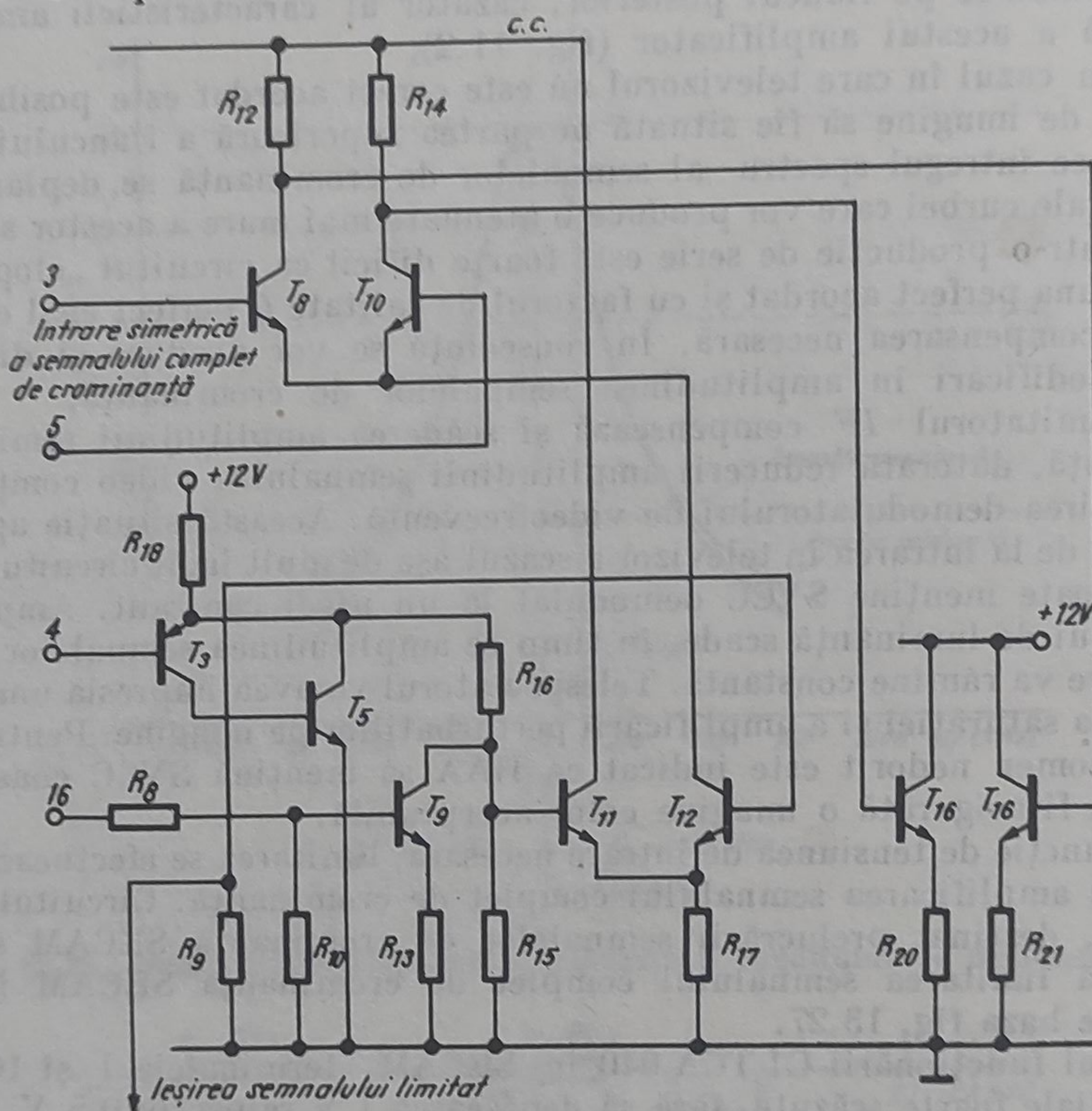


Fig. 13.27. Limitatorul semnalului complet de crominanță din CI tip TCA 640.

CALEA ÎNTÎRZIATĂ

Acest canal este destinat întârzierii semnalelor de crominanță cu durata unei linii ($64 \mu s$).

Elementul principal al acestui circuit este linia de întârziere de crominanță, a cărei construcție și funcționare a fost descrisă în cap. 13.2.

Adaptarea liniei de întârziere utilizate în decodorul SECAM este simplă și asigură în același timp și transmiterea întregii benzi de frecvență a semnalelor de crominanță U_{DR} și U_{DB} (fig. 13.28).

Apariția unor semnale și reflecții parazitare („reflecții 3τ ”) este determinată atât de linia de întârziere utilizată, cât și de modul cum a fost realizat circuitul practic.

În cazul în care semnalele perturbatoare sînt de aceeași frecvență și fază cu semnalul util, efectul acestora ar fi în mare măsură diminuat de „limitatorii de cale” care egalizează toate variațiile de amplitudine.

Dacă faza și frecvența semnalului util și perturbator diferă, semnalul util va primi suplimentar o deviație parazită de frecvență care se transpune — după demodularea MF — într-o tensiune perturbatoare, suprapusă peste semnalul util.

În cazul particular al „ecoului 3τ ”, perturbarea imaginii redată este determinată și de modul de comutare a fazei subpurătoarelor în SECAM cu

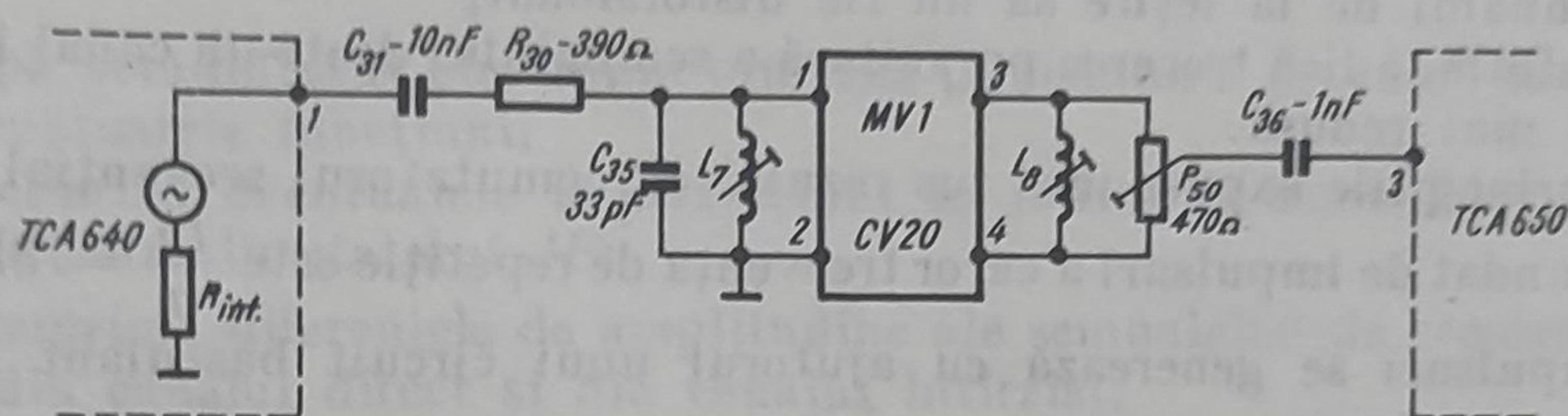


Fig. 13.28. Circuit practic de utilizare a liniei de întârziere pe „calea întârziată” a decodului din televizorul în culori „Videoton TS 3301”.

ciclul de trei linii, problemă tratată în cap 9.1 și ilustrată în fig. 9.8. Având de asemenea în vedere că în SECAM se utilizează semnal întârziat pe fiecare canal de cromaticitate numai pe fiecare a doua linie rezultă o perturbație cu ciclul de 6 linii, cu o deplasare lentă pe direcție verticală. Din cauza faptului că ochiul are o rezoluție foarte bună pentru perturbații care se repetă la 6 linii, aceasta va fi ușor observată și uneori deranjantă.

Calea întârziată va atenua semnalul complet de cromaticitate cu o valoare care depinde de tipul liniei de întârziere utilizate. Pentru a asigura în cele din urmă amplitudini egale pe calea directă și pe calea întârziată este necesar să se atenueze și semnalul pe calea directă.

Răspunsul în frecvență al canalului întârziat se caracterizează prin banda de frecvență de min. 2 MHz, în interiorul căreia atenuarea nu are fluctuații mai mari decât 3 dB.

COMUTATORUL SECVENȚIAL

Așa cum s-a arătat și în cap. 9.3, acest comutator are rolul să „sorteze” semnalele transmise secvențial pe cele două canale, pentru ca în cele din urmă pe una din ieșiri să nu existe decât semnale U_{DR} , iar pe cealaltă decât U_{DB} .

Un asemenea comutator poate fi realizat ca un comutator bipolar, trecerea dintr-o poziție în alta realizându-se la începutul fiecărei linii (fig. 13.29).

De asemenea este necesară sincronizarea comutării, stabilindu-se astfel ca pe o anumită ieșire a comutatorului să rezulte întotdeauna U_{DR} , iar pe

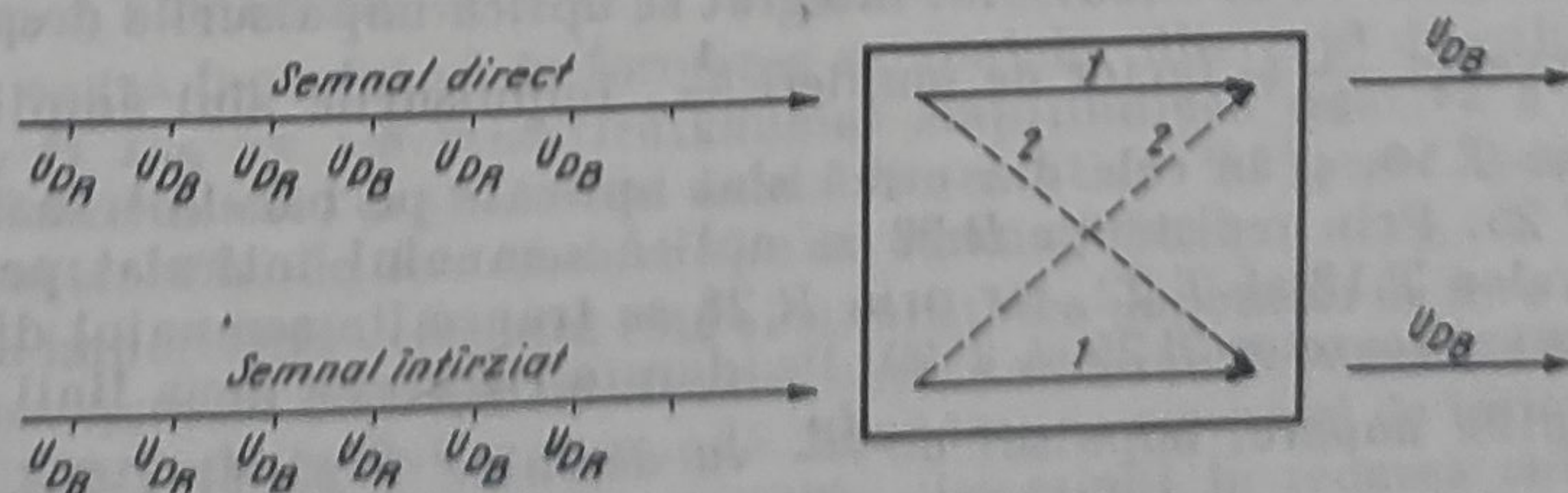


Fig. 13.29. Principiul comutatorului secvențial din decodul SECAM.

cealaltă întotdeauna U_{D_B} . Această sincronizare este controlată de o tensiune provenită din semnalele de identificare linii sau cadre.

Cerințele care se impun pentru comutatorul electronic al semnalelor de cromatică sînt în principal următoarele:

— atenuarea introdusă de comutatorul secvențial trebuie să fie cît mai mică;

— semnalul de la ieșire să nu fie distorsionat;

— diafotia, adică trecerea parazitară a semnalului dintr-un canal în altul, să fie cît mai redusă.

Din principiile expuse mai sus rezultă că comutatorul secvențial trebuie să fie comandat de impulsuri a căror frecvență de repetiție este $\frac{f_H}{2} = 7812,5 \text{ Hz}$.

Aceste impulsuri se generează cu ajutorul unui circuit basculant bistabil (CBB).

Comutatorul secvențial din CI tip TCA 650 are schema din fig. 13.30 și funcționează în modul următor.

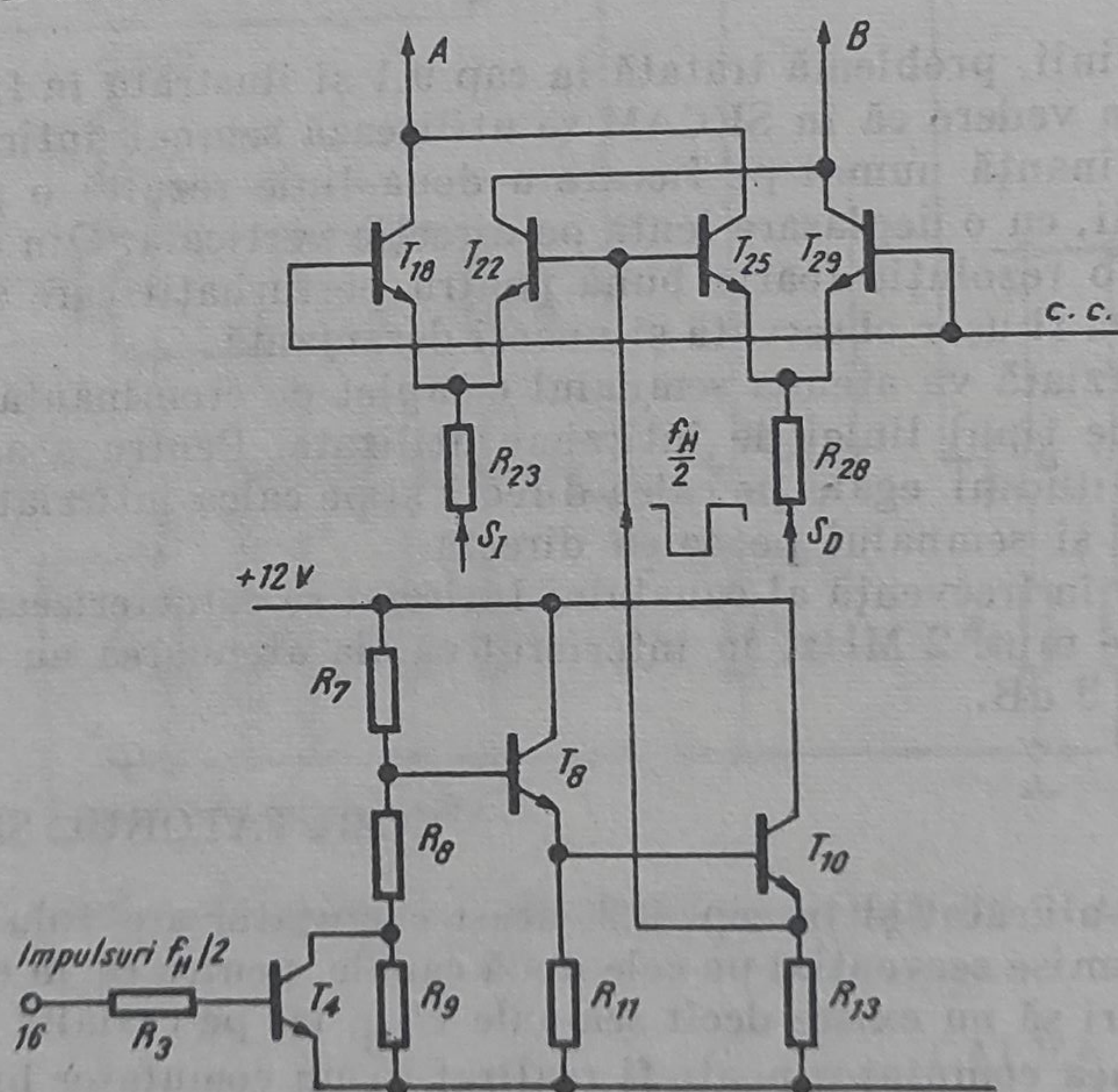


Fig. 13.30. Comutatorul secvențial din CI tip TCA 650.

Pe terminalul 16 al circuitului integrat se aplică impulsurile dreptunghiulare de frecvență $\frac{f_H}{2}$ și factor de umplere $\frac{1}{2}$. Impulsurile sînt amplificate de T_4 , T_8 și T_{10} , și în cele din urmă sînt aplicate pe bazele tranzistoarelor T_{22} și T_{25} . Prin rezistența R_{23} se aplică semnalul întîrziat pe emitorii tranzistoarelor T_{18} și T_{22} , iar prin R_{28} se transmite semnalul direct spre emitorii tranzistoarelor T_{25} și T_{29} . Pe durata fiecărei a doua linii de exemplu, pe liniile impare, impulsul de $\frac{f_H}{2}$ va deschide T_{22} și T_{25} , semnalul întîrziat va fi amplificat de T_{22} și transmis spre ieșirea B ; semnalul direct

va fi amplificat de $T 25$ spre ieșirea A . Pe durata celorlalte linii de exemplu, pe liniile pare $T 22$ și $T 25$ vor fi blocate, semnalul întârziat și cel direct fiind transmis invers ca în cazul anterior: cel întârziat prin $T 18$ spre A , cel direct prin $T 29$ spre B .

LIMITATORII DE CALE

După comutatorul electronic urmează „limitatorii de cale” care îndeplinesc următoarele funcțiuni:

- elimină eventualele imperfecțiuni în limitarea semnalelor de cromaticitate de către limitatorul IF ;

- suprimă diferențele de amplitudine ale semnalelor de cromaticitate provenite din canalul direct și din canalul întârziat;

- suprimă o eventuală modulație parazită de amplitudine a semnalului întârziat, introdusă de linia de întârziere.

- furnizează semnalele de cromaticitate U_{D_R} și U_{D_B} de amplitudini diferite, în scopul compensării coeficienților diferiți utilizați la formarea semnalelor D_R și D_B din $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ în dispozitivul de codare din studio.

DEMULATOARELE DE FRECVENȚĂ

Aceste etaje au ca scop demodularea semnalelor de cromaticitate U_{D_R} și U_{D_B} și furnizarea semnalelor diferență de culoare.

Conform celor expuse cu privire la formarea semnalelor de cromaticitate în sistemul SECAM, deviația maximă de frecvență este de 506 kHz.

Prin urmare, pentru decodorul de culoare SECAM se pune problema realizării a două demodulatoare MF, frecvențele de acord fiind 4,406 MHz pentru demodulatorul semnalului U_{D_R} și 4,250 MHz pentru demodulatorul semnalului U_{D_B} , iar banda de frecvență minimă este de 1,2÷1,5 MHz.

O altă condiție esențială impusă demodulatoarelor este relația lineară între deviația de frecvență a semnalelor de cromaticitate și amplitudinea semnalelor diferență de culoare demodate. Exste de la sine înțeles că cerințele în acest sens sînt mai severe în limitele deviațiilor de frecvență nominale și mai reduse în domeniul frecvențelor din apropierea deviațiilor maxime. Pentru domeniul limitat de deviațiile nominale de frecvență, nelinearitatea maximă admisibilă este de $\pm 5\%$, în timp ce nelinearitatea la 500 kHz poate atinge chiar $\pm 25\%$.

Caracteristica demodulatoarelor de frecvență („curba în S”), cu indicarea toleranțelor admisibile este dată în fig. 13.31.

Din cauza faptului că la formarea semnalelor diferență de culoare ponderate D_R și D_B nu s-a modificat numai amplitudinea relativă a semnalelor diferență de culoare, ci și semnul unuia din ele (Cap. 9.1), este necesar ca cele două caracteristici de demodulare să aibă semne diferite.

De o importanță deosebită este și stabilitatea punctului de zero al demodulatoarelor. Această condiție rezultă din necesitatea că unei deviații de frecvență egale cu zero trebuie să-i corespundă întotdeauna un nivel de ieșire constant. Practic s-a constatat că pentru a evita distorsiuni în redarea culorilor este necesar să se asigure o stabilitate a punctelor de zero mai bună decît ± 8 kHz.

În sistemul SECAM se transmite pe palierul posterior al spațiului de stingere linii purtătoare de culoare nemodulată cu deviația de frecvență nulă. Această măsură are în cazul utilizării discriminatoarelor de raport o importanță deosebită: există în permanență o posibilitate de control pentru stabilitatea punctului de zero și se garantează ca regimul tranzitoriu al intrării în funcțiune a discriminatoarelor să se desfășoare pe o porțiune invizibilă a imaginii.

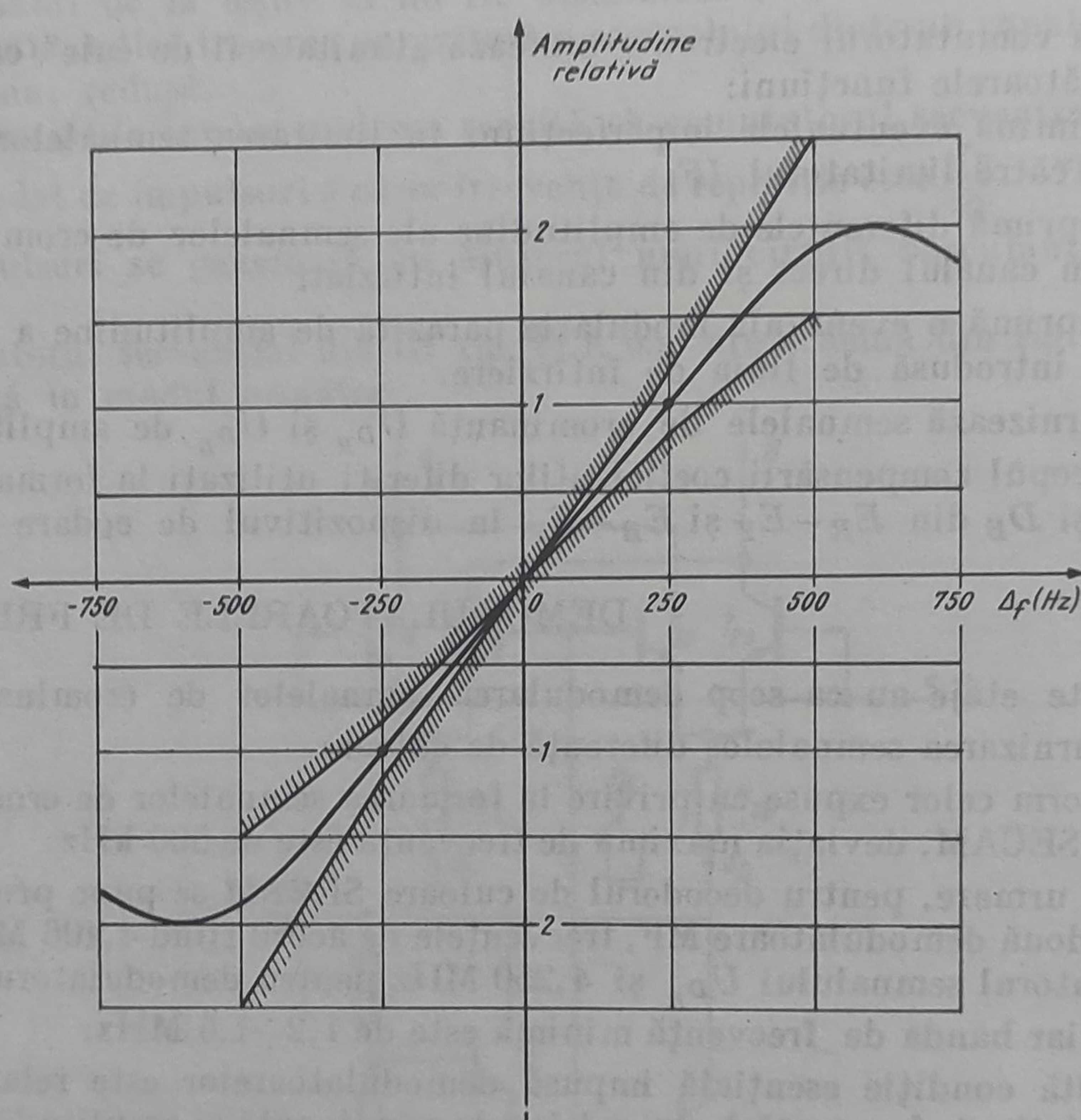


Fig. 13.31. Caracteristica de demodulare a demodulatelelor MF din decodorul SECAM.

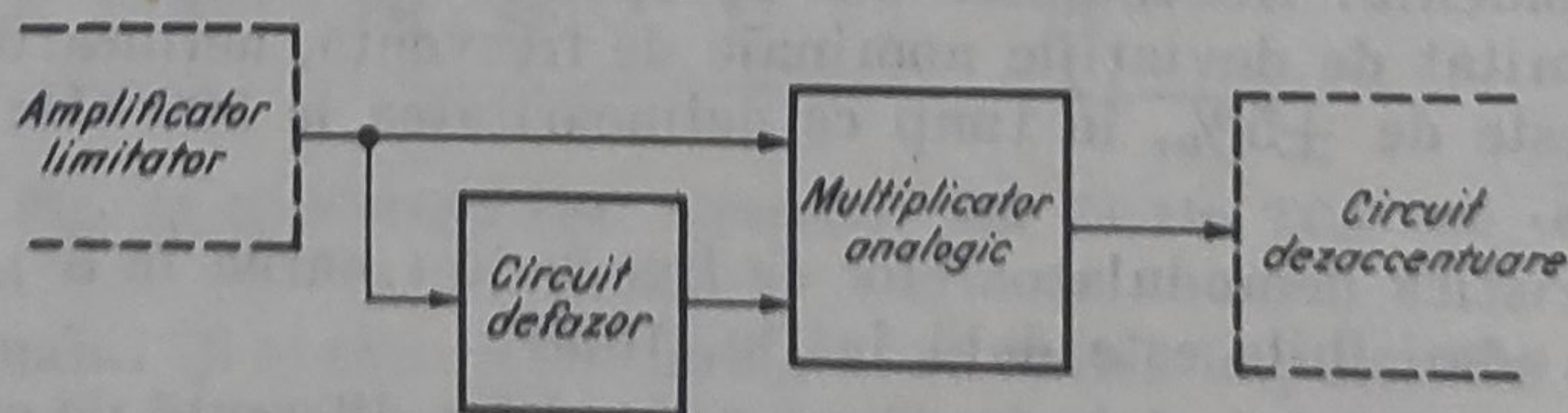


Fig. 13.32. Utilizarea multiplicatorului analogic pentru demodularea MF.

În cazul folosirii circuitelor integrate special destinate demodulării în SECAM se utilizează deseori multiplicatorul analogic care efectuează demodularea pe baza defazajului semnalelor aplicate la intrarea lui, după ce deviația de frecvență a fost transformată într-o deviație de fază (fig. 13.32). Deoarece regimul tranzitoriu al acestor demodulate nu implică necesitatea prezenței subpurtătoarei înainte de partea activă a imaginii, precum și din cauza faptului

că „nivelul de zero” pentru subpurătoarea nemodulată, corespunde cu nivelul de ieşire pentru porţiuni ale semnalului unde subpurătoarea lipseşte în întregime se poate efectua înainte de demodulare o stingere completă a semnalelor de cromaticitate pe spaţiile de stingere H şi V.

Constatăm că la intrare în multiplicator se aplică atât semnalul MF propriu-zis cât şi semnalul defazat cu ajutorul unui circuit selectiv, de tip derivaţie.

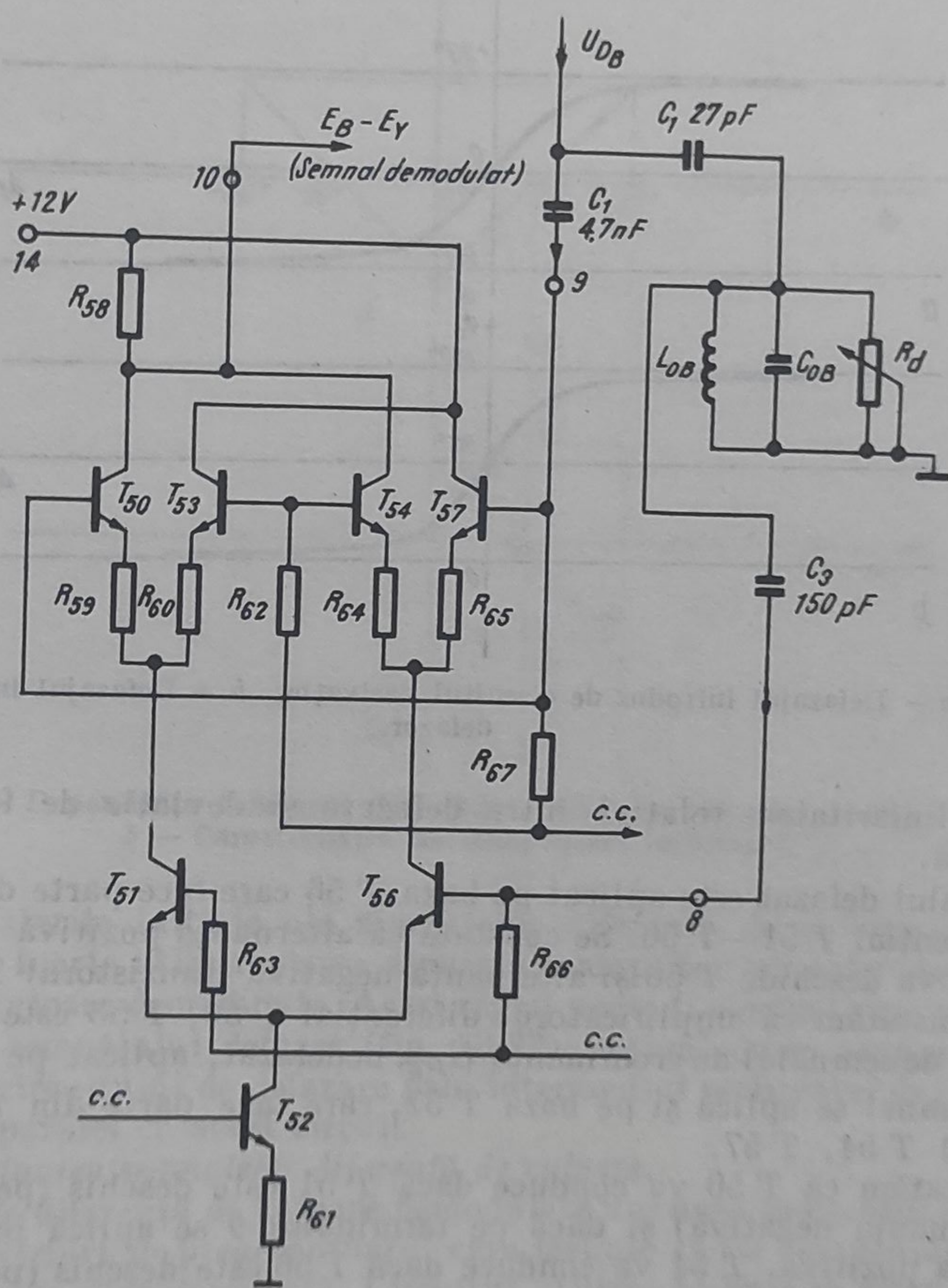


Fig. 13.33. Demodulatorul pentru U_{DB} din CI tip TCA 650.

Multiplicatorul funcţionează ca un detector sensibil la fază, furnizând la ieşire semnalele diferenţă de culoare demodulate.

În cele ce urmează descriem circuitul de demodulare pentru U_{DB} utilizat în cazul circuitului integrat tip TCA 650 (fig. 13.33).

Constatăm că semnalul de cromaticitate U_{DB} se aplică direct printr-un condensator de 4,7 nF pe terminalul 9 al circuitului integrat, precum şi la intrarea circuitului defazor, care furnizează semnalul corespunzător pe terminalul 8 al CI.

Circuitul defazor este dimensionat și reglat în așa fel încât pentru o deviație $\Delta f = 0$, circuitul derivație este la acord și nu defazează semnalul, în timp ce defazajul total va fi egal cu 90° (fig. 13.34). Dacă frecvența instantanee a semnalului de crominanță U_{DB} va fi diferită de f_{OB} , deci $\Delta f \neq 0$, defazajul va fi diferit de 90° . Se constată că pentru deviații mici, deci pentru culori mai puțin

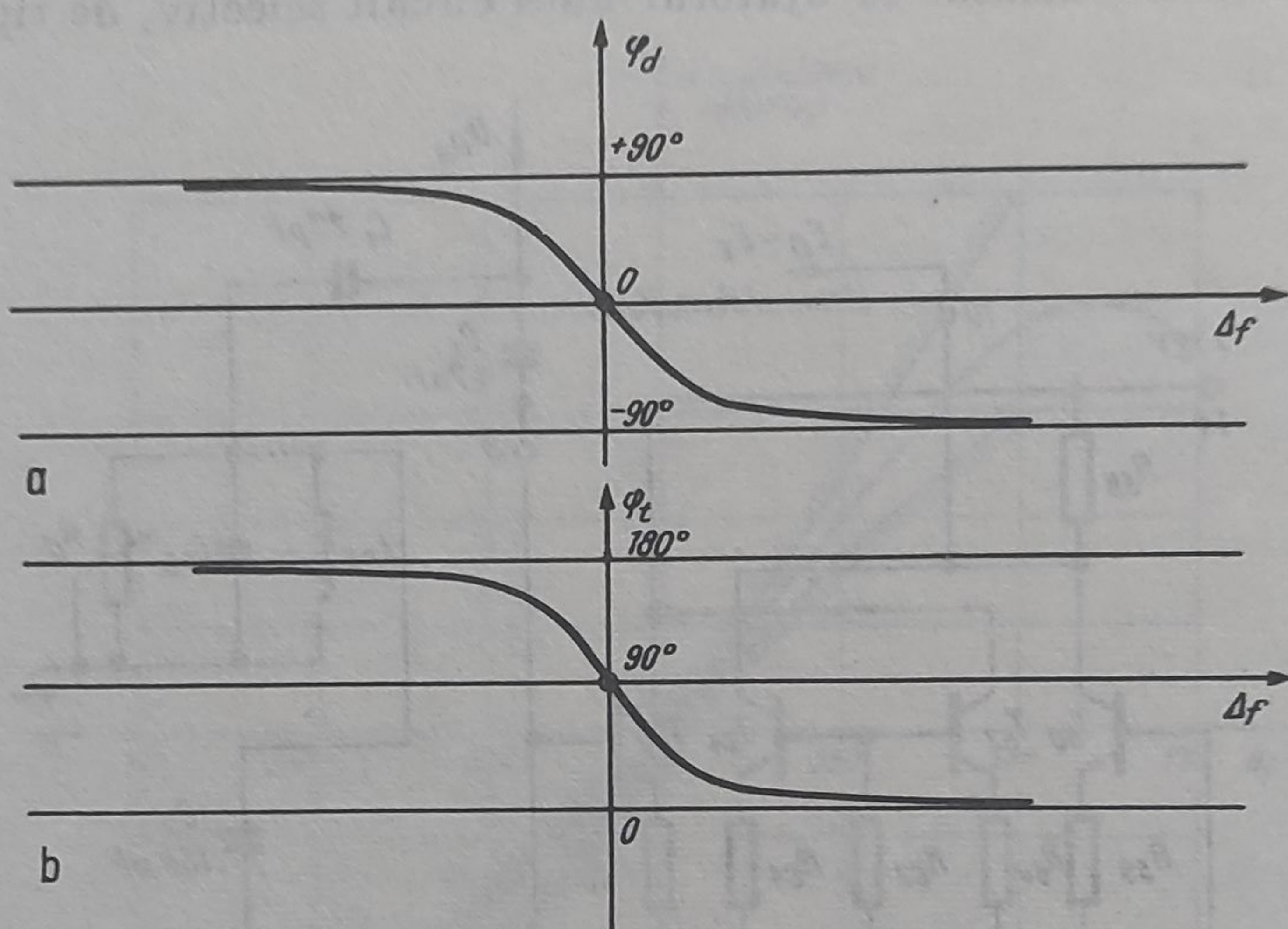


Fig. 13.34. *a* — Defazajul introdus de circuitul derivație; *b* — Defazajul întregului circuit defazor.

saturate, liniaritatea relației între defazare și deviație de frecvență este foarte bună.

Semnalul defazat este aplicat pe baza $T 56$ care face parte din amplificatorul diferențial $T 51 - T 56$. Se constată că alternanța pozitivă a semnalului menționat va deschide $T 56$ și alternanța negativă tranzistorul $T 51$. De asemenea, constatăm că amplificatorul diferențial $T 50, T 53$ este comandat pe baza $T 50$ de semnalul de crominanță U_{DB} , nedefazat, aplicat pe terminalul 9. Același semnal se aplică și pe baza $T 57$, care face parte din amplificatorul diferențial $T 54, T 57$.

Constatăm că $T 50$ va conduce dacă $T 51$ este deschis (pe terminalul 8 este alternanța negativă) și dacă pe terminalul 9 se aplică în același timp alternanța pozitivă. $T 54$ va conduce dacă $T 56$ este deschis (pe terminalul 8 alternanța pozitivă) și dacă pe terminalul 9 se aplică alternanța negativă.

Dacă defazajul este de 90° , tranzistoarele $T 50$ și $T 54$ vor fi deschise câte un sfert de perioadă. Un defazaj diferit de 90° va micșora sau mări factorul de umplere al impulsurilor și prin urmare și componenta utilă, de video-frecvență, a semnalelor demodulate.

În fig. 13.35, *a*, se reprezintă relația între defazajul total introdus de circuitul de defazare și tensiunea demodulată.

Din relația dintre deviația de frecvență Δf a semnalului de crominanță și defazajul φ_t al circuitului de defazare (fig. 13.34, *b*) și din relația dintre φ_t și tensiunea demodulată V (fig. 13.35, *a*) rezultă dependența dintre V și Δf , caracteristica de demodulare (fig. 13.35, *b*) similară cu cea necesară, doar cu semn schimbat, ceea ce reprezintă o problemă ușor de rezolvat.

În cazul demodulatorilor cu multiplicator analogic există posibilitatea modificării acestui nivel de zero, acționând asupra defazajului introdus de circuitul de defazare. Acest reglaj este foarte important pentru ajustarea corectă a redării porțiunilor întunecoase, în mod special în color, a unor imagini redade pe ecranul cinescopului. În scopul compensării toleranțelor circuitelor care

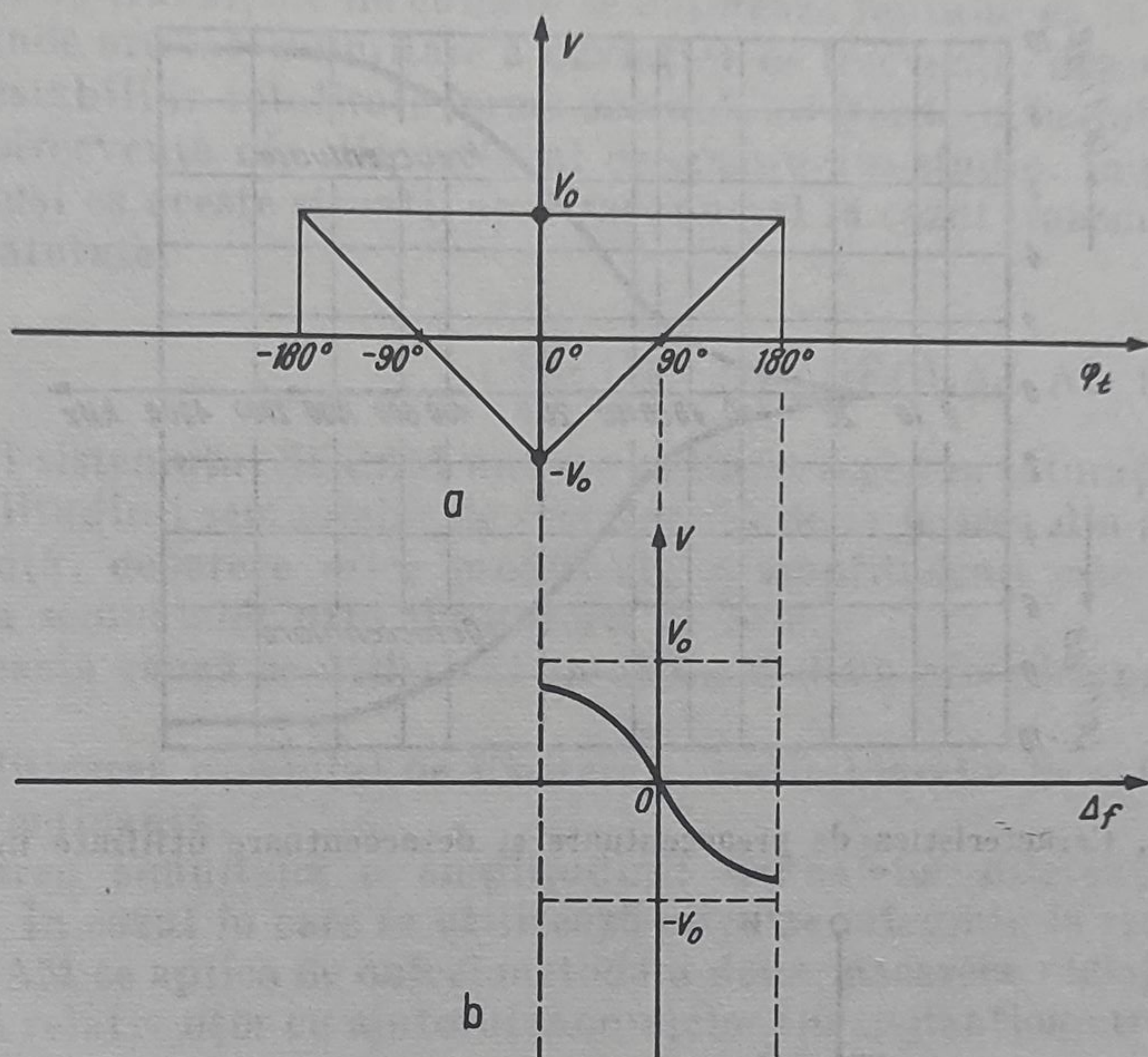


Fig. 13.35. *a* — Dependența tensiunii demodate față de defazajul total al circuitului; *b* — Caracteristica de demodulare rezultantă

restabilesc valorile inițiale ale semnalelor diferență de culoare $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ este foarte utilă reglarea separată a amplitudinii celor două semnale diferență de culoare demodate. Acest reglaj poate fi efectuat prin modificarea amplitudinii semnalului defazat (fig. 13.33), acționându-se asupra factorului de calitate a circuitului de defazare prin intermediul rezistenței de amortizare, conectată în paralel cu acest circuit.

Dezaccentuarea semnalelor diferență de culoare.

Semnalele diferență de culoare demodate vor avea în dreptul tranzițiilor de culoare, „vîrfuri de preaccentuare” care trebuie să fie compensate printr-o dezaccentuare de videofrecvență. Circuitul utilizat trebuie să asigure o caracteristică amplitudine-frecvență inversă celei de preaccentuare (relația 9.5).

Prin urmare

$$|A(f)| = \frac{1}{K(f)} = \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{f}{3f_1}\right)^2}{1 + \left(\frac{f}{f_1}\right)^2}}$$

Reamintim că f_1 este o frecvență de referință, egală cu 85 kHz.

În fig. 13.36 se prezintă caracteristica corespunzătoare acestei funcții de transfer. Se constată că frecvențele joase trebuie să fie transmise cu un nivel

constant. Apoi urmează o parte pînă la cca 700 kHz cu o atenuare crescătoare, iar pentru frecvențele de peste 1 MHz rezultă din nou un domeniu cu o atenuare aproape constantă.

În receptoarele de TV în culori se utilizează de obicei circuite de dezaccentuare simple, realizate cu elemente R , L , C .

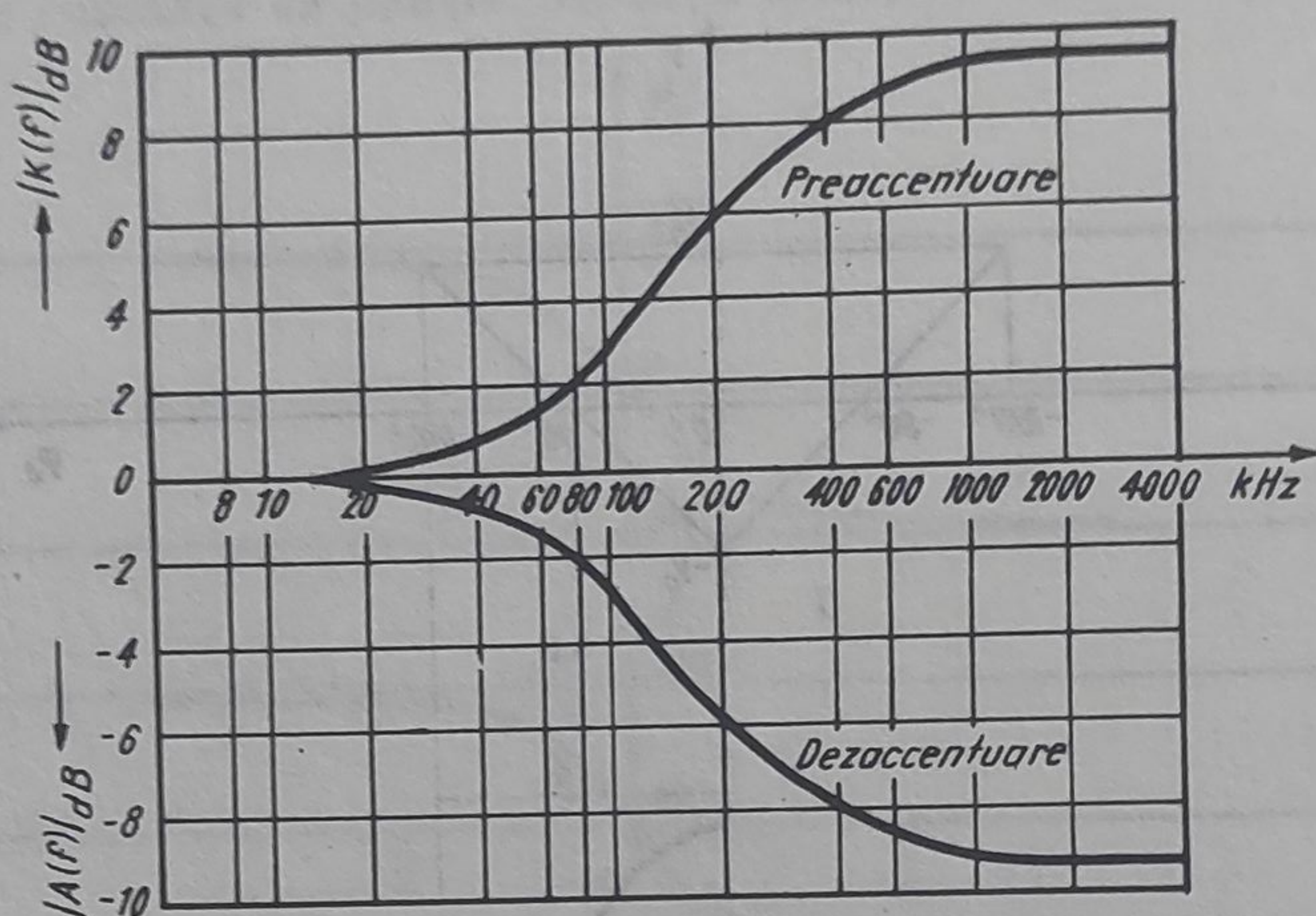


Fig. 13.36. Caracteristica de preaccentuare și dezaccentuare utilizate în SECAM.

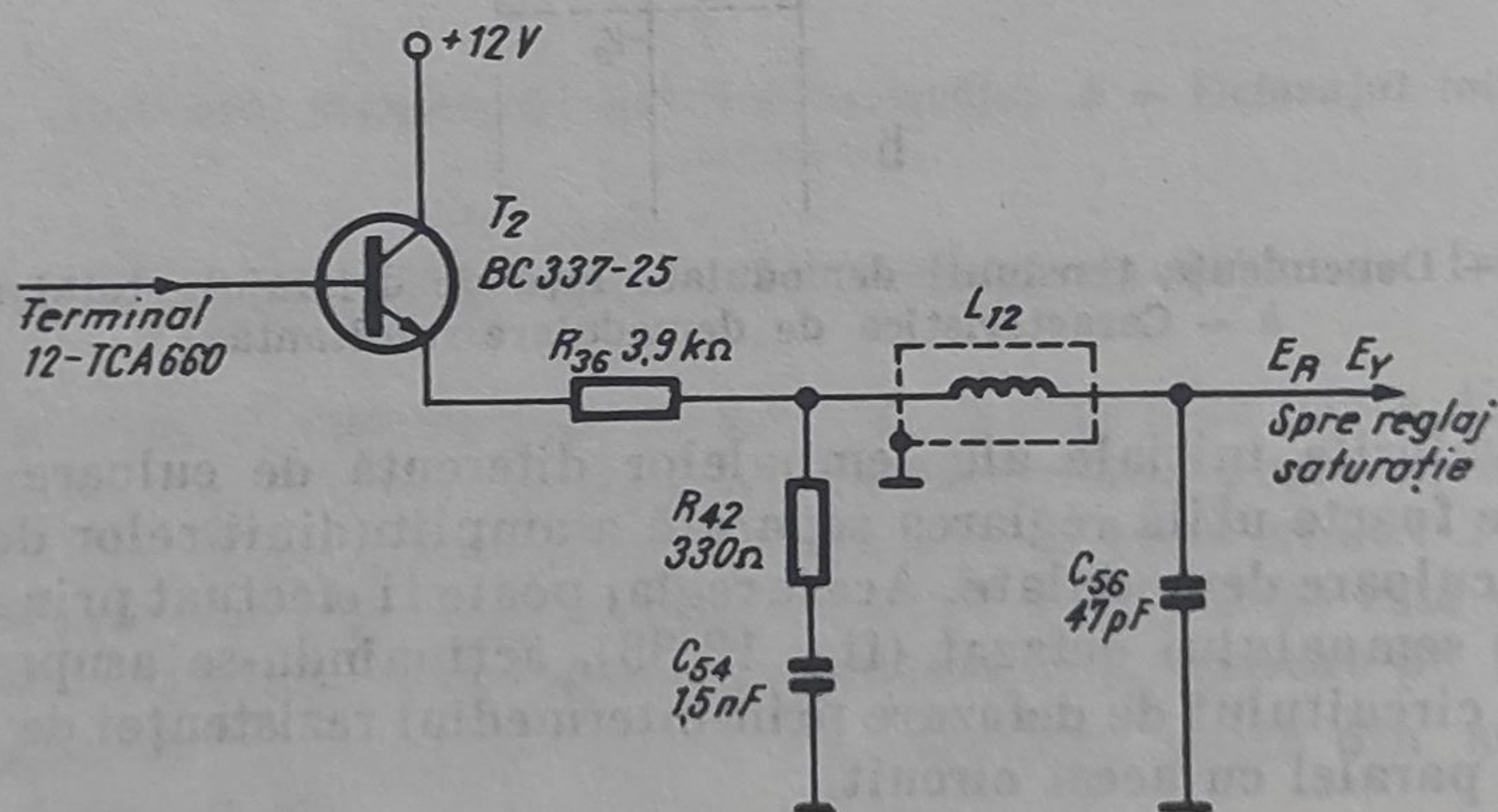


Fig. 13.37. Circuit de dezaccentuare de videofrecvență utilizat în televizorul în culori „Videon TS 3301”.

În fig. 13.37 este reprezentat un circuit în π , utilizat în televizorul în culori „Videon TS 3301”, care asigură o caracteristică de dezaccentuare foarte apropiată de cea reprezentată în fig. 13.36.

Se precizează faptul că limitarea deviațiilor de frecvență utilizate la modularea semnalelor diferență de culoare va avea ca urmare tăierea vîrfurilor de preaccentuare care apar pentru tranziții între culori saturate și în mod special la tranziția între verde și violet.

Verificarea modului cum se realizează dezaccentuarea de videofrecvență într-un televizor nu se va efectua cu bare normale saturate 75%, ci cu bare cu saturația maximă de 22%, pentru care limitarea deviațiilor de frecvență nu are nici un efect. Practic s-a constatat că timpul de creștere (de la

10% la 90%) corespunzător unei tranziții de culoare verde-violet a unor bare saturate 22% este de $0,8 \mu s$, în timp ce aceeași tranziție corespunzătoare unor bare normale saturate 75% are un timp de creștere de $1,5 - 1,8 \mu s$ (toate măsurătorile au fost efectuate pentru canalul roșu). Aceste modificări ale regimurilor tranzitorii de la tranzițiile de culoare se datorează faptului că la acele tranziții de culoare unde are loc o limitare a deviației de frecvență, dezaccentuarea nu mai poate restabili în totalitate forma semnalului transmis înainte de accentuarea de videofrecvență din dispozitivul de codare din studio. În practică se va constata totuși că aceste situații apar rar, numai în cazul transmiterii unor culori foarte saturate.

CIRCUIT DE REGLAJ AL SATURAȚIEI

În cazul sistemului SECAM nu este posibilă reglarea saturației prin modificarea amplitudinii semnalelor de cromaticitate de la ieșirea din amplificatorul de cromaticitate, deoarece orice modificare a amplitudinii este anulată prin transmiterea semnalelor prin limitatorii de cale.

Din această cauză se utilizează în SECAM două procedee pentru reglarea saturației:

- modificarea nivelului de limitare al limitatoarelor de cale pentru semnalele de cromaticitate;
- reglarea simultană a amplitudinii semnalelor diferență de culoare demodulate. În cazul în care se utilizează circuite integrate la realizarea decodorului SECAM se aplică de obicei metoda a doua, deoarece reglajul menționat se efectuează relativ ușor cu ajutorul montajelor tip „potențiomtru electronic”.

CIRCUIT DE MATRICIERE $E_R - E_Y$

Cele două semnale diferență de culoare $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ sînt absolut suficiente pentru deducerea celui de-al treilea semnal diferență de culoare $E_G - E_Y$. Relația matematică și metoda utilizată pentru formarea acestui semnal sînt cu totul similare cu cele utilizate și descrise în cazul decodorului PAL și din această cauză nu insistăm în continuare asupra acestora.

CIRCUITUL DE EXTRAGERE A SEMNALELOR DE IDENTIFICARE H ȘI V

Pentru a asigura sincronizarea comutatorului secvențial se pot utiliza semnalele de identificare transmise pe spațiul de stingere cadre a căror succesiune conține toate informațiile necesare pentru a asigura funcționarea corectă a comutatorului.

De asemenea, există posibilitatea utilizării în scopul sincronizării sus menționate și a „salvelor” cu subpurtătoare nemodulată, transmise pe flancul posterior al stingerii liniei. Deoarece unei „salve” de subpurtătoare cu frecvența f_{OB} urmează întotdeauna o linie pe care se transmite semnalul de cromaticitate U_{DR} și unei „salve” cu frecvența f_{OR} urmează o linie pe care se transmite U_{DB} , semnalele transmise pe flancul posterior al stingerii liniei pot fi utilizate și pentru sincronizarea comutării.

În cele ce urmează se va descrie un circuit care îndeplinește atât funcțiunea de stingere pe linii și cadre a semnalului de cromaticitate, de extragere a salvelor

de sincronizare H (a semnalelor de identificare H), a semnalelor de identificare V precum și a semnalului „salvă” în cazul utilizării pe sistemul PAL. Circuitul este prezentat în fig. 13.38.

Semnalul de crominanță se aplică pe bazele $T 17$ și $T 26$ care formează un amplificator diferențial și atacă perechile diferențiale $T 15$, $T 20$ și $T 24$,

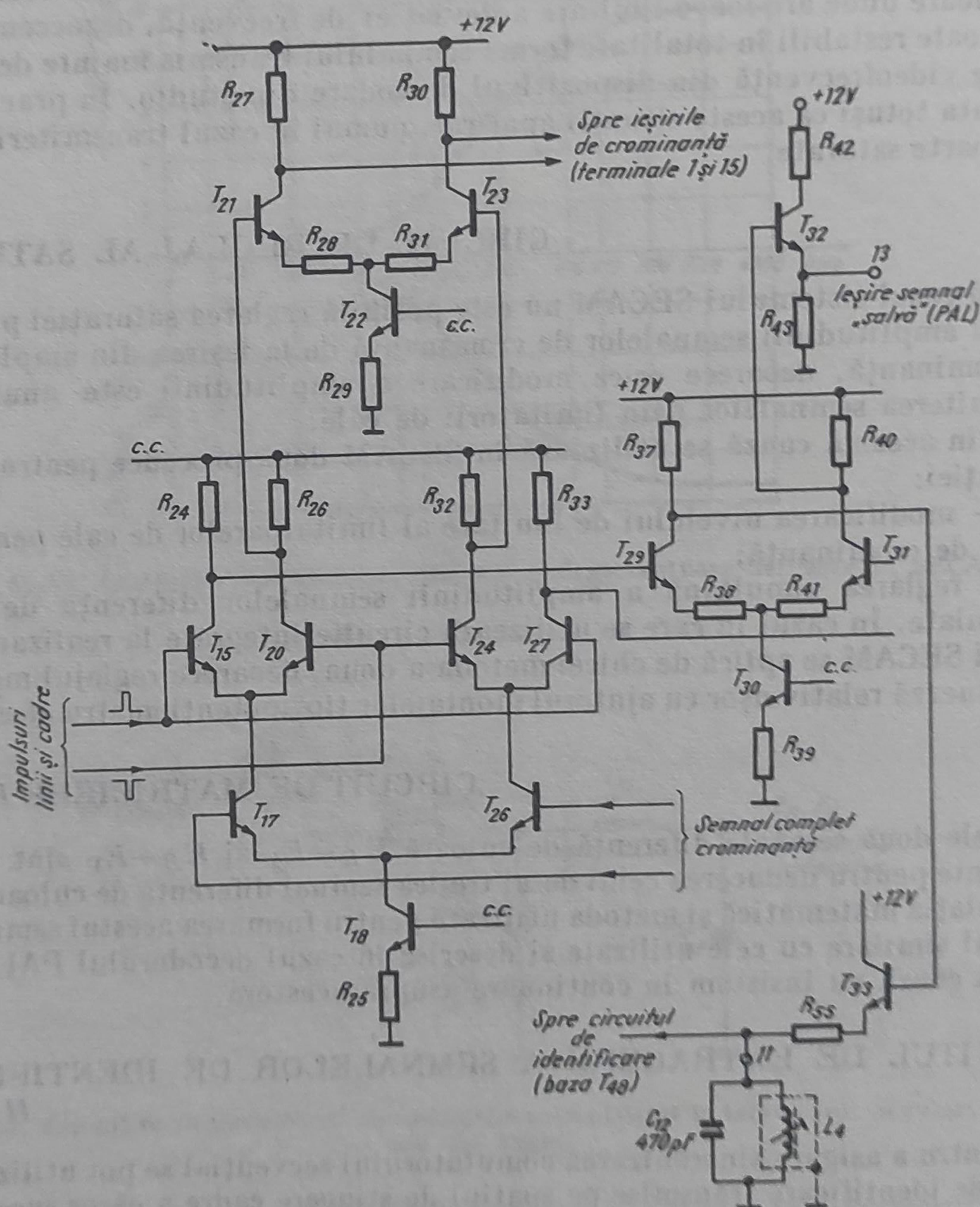


Fig. 13 38. Circuitul de stingere H și V a semnalelor de crominanță, de extragere a salvelor de sincronizare H și a semnalului de identificare V .

$T 27$. Bazele sînt atacate de impulsuri de stingere linii și cadre de polaritate pozitivă, în timp ce $T 20$ și $T 24$ sînt comandate de impulsuri negative. În timpul cursei active pe linii și cadre, deci pe durata dintre impulsuri, $T 20$ și $T 24$ destinate extragerii semnalului de crominanță vor fi deschise, semnalul de crominanță va fi transmis spre bazele $T 21$ și $T 23$ și în cele din urmă spre ieșirile semnalului de crominanță, terminalele 1 și 15. În același timp $T 15$ și $T 27$ destinate extragerii semnalelor de sincronizare sînt blocate, împiedicîndu-se astfel trecerea semnalului spre circuitele de sincronizare. În timpul

cursei stingerii linii și cadre impulsurile sus menționate vor bloca $T 20$ și $T 24$, realizându-se astfel stingerea pe linii și cadre a semnalului de cromaticitate. Impulsurile pozitive vor deschide tranzistoarele $T 15$ și $T 27$, semnalele de sincronizare vor fi amplificate de $T 15$, $T 27$ și $T 29$, $T 31$. Semnalul din colectorul $T 31$ este amplificat de $T 32$ care furnizează pe terminalul 13 semnalul „salvă” pentru o eventuală utilizare în PAL. Pentru SECAM, semnalele de identificare H și V sînt preluate din colectorul $T 29$ și transmise spre circuitul acordat din terminalul 11 al circuitului integrat.

CIRCUITUL DE IDENTIFICARE, DE GENERARE A TENSIUNII DE BLOCARE AUTOMATĂ A CULORII

Acest circuit transformă semnalele de identificare SECAM H și V într-o succesiune de impulsuri care sincronizează regimul de comutație a CBB. Acestea comandă comutatorul SECAM și generează în anumite situații o tensiune continuă care poate fi utilizată pentru blocarea automată a culorii, televizorul trecînd pe funcționare „alb-negru”.

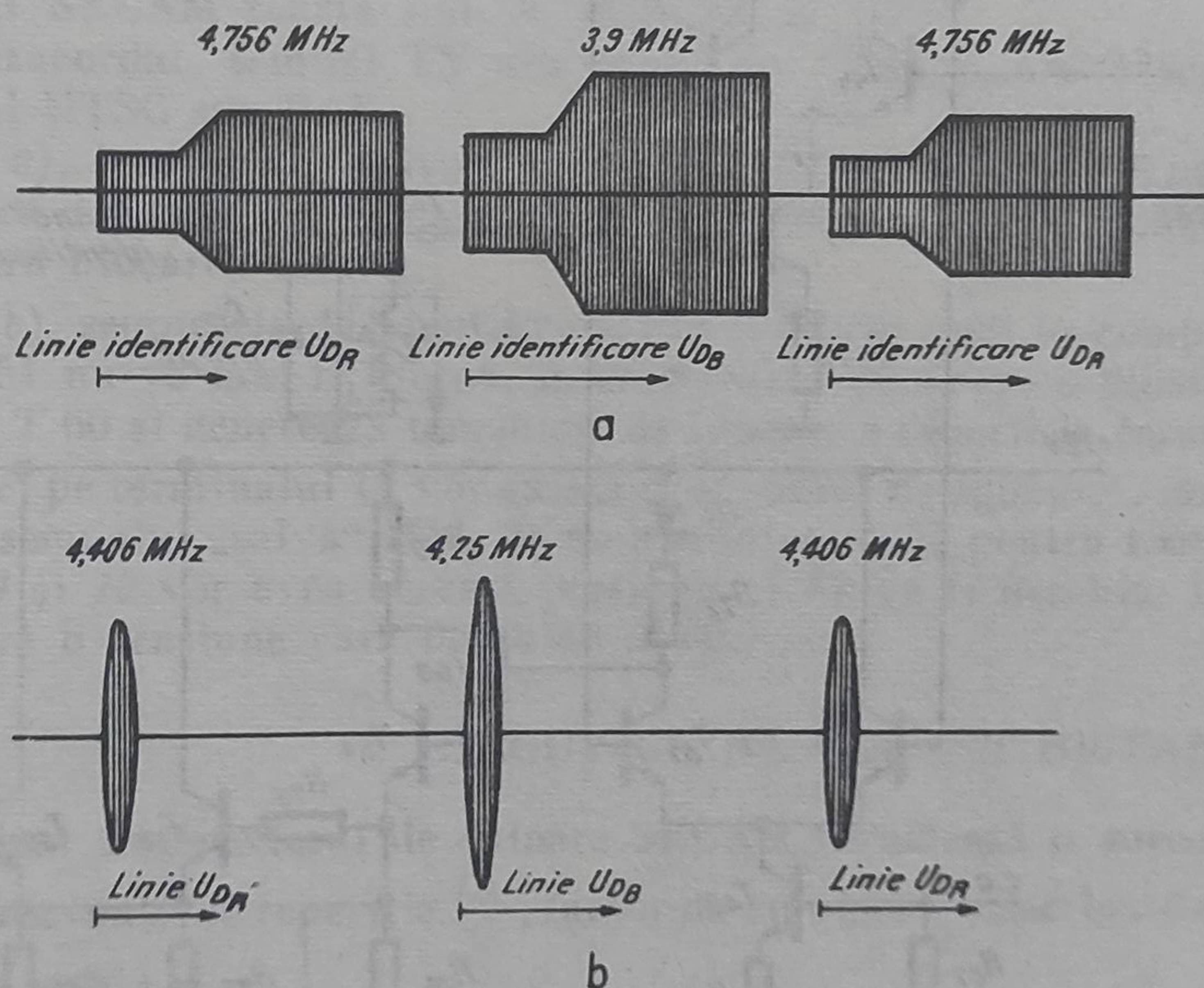


Fig. 13.39. *a* — semnalul de identificare V în circuitul de derivație (terminal 11-TCA 640, acord pe 3,9 MHz); *b* — Semnalul de identificare H , în același punct, dacă circuitul este acordat pe 4,25 MHz.

Semnalele de identificare H și V , extrase din semnalul complet de cromaticitate conform celor expuse mai sus sînt aplicate în punctul cald al unui circuit derivație cu factor de calitate mare și o bună constanță în timp și cu temperatura a elementelor de circuit, situate în terminalul 11 al CI TCA 640. Dacă utilizăm pentru identificare semnalul de pe durata stingerii V , care este o succesiune de 9 „pachete” pe frecvențele 3,900 MHz și 4,756 MHz, circuitul derivație trebuie să fie acordat pe 3,9 MHz. Semnalele pe 3,9 MHz vor avea prin urmare amplitudinea mai mare decît cele pe 4,75 MHz (fig. 13.39, *a*). În cazul utilizării semnalelor de identificare H de frecvența 4,250 MHz și 4,406

MHz, circuitul trebuie să fie acordat pe 4,25 MHz, amplitudinea semnalelor pe 4,25 MHz va fi mai mare și se va obține o succesiune ca în fig. 13.39, b. În cele ce urmează se va descrie funcționarea unui circuit cu identificare H (fig. 13.40). Semnalele sunt detectate de jonțiunea bază-emitor a T 48, impulsurile de curent fiind transmise spre emitorii T 46 și 50. Aceste tranzistoare sunt comandate și de impulsurile de frecvență $\frac{f_H}{2}$, generate de CBB. Prin urmare vor apare în colectorul unuia din aceste două tranzistoare doar semnalele de identificare corespunzătoare liniilor pare, în timp ce în celălalt colector vor apare doar semnalele corespunzătoare liniilor impare. În cele două co-

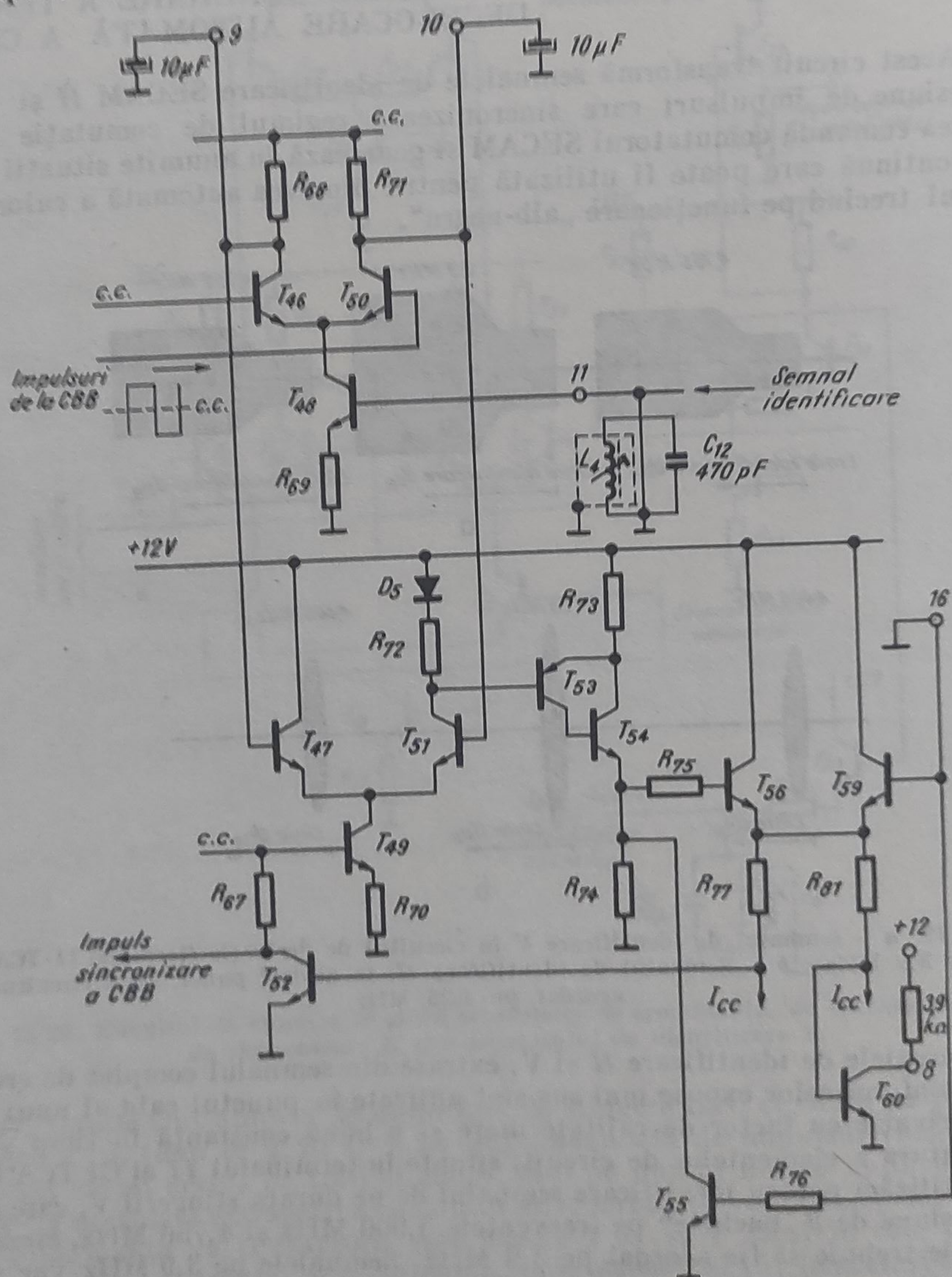


Fig. 13.40. Circuit de identificare SECAM (CI TCA 610).

lectoare (terminale 9 și 10) se dispun condensatoare de filtraaj care vor transforma semialternanțele de identificare, de amplitudine diferită, în două tensiuni continue diferite. Dacă CBB funcționează cu fază corectă tensiunea din colectorul T 50 (terminalul 10) va fi cu 200—300 mV mai mică decât tensiunea din colectorul T 46 (terminalul 9).

Tranzistorul T 51 precum și tranzistorul compus T 53, T 54 vor fi blocate, tensiunea din emitorul T 56 devine zero. T 52 va rămâne blocat, fără să influențeze în vreun fel funcționarea CBB.

Dacă dintr-un motiv oarecare (de ex. la pornirea televizorului) faza de comutație a CBB este incorectă, tensiunea din colectorul T 50 (terminalul 10) este mai mare, T 51 precum și T 53, T 54 vor fi deschise. Tensiunea diferită de zero care apare în emitorul T 56 va deschide T 52, în colectorul acestuia va apare brusc un potențial foarte mic care poate să schimbe faza de comutație a CBB.

Blocarea automată a culorii trebuie să fie asigurată pentru următoarele situații de recepție:

- a) semnal SECAM, dar comutatorul secvențial este accidental în antifază;
- b) semnal SECAM foarte slab la intrarea în TV;
- c) TV dezacordat, semnal TV alb negru sau lipsă totală a semnalului;
- d) semnal NTSC sau PAL.

În cazul a), tensiunea pozitivă care apare în emitorul T 56 va deschide T 60, tensiunea din terminalul 8 va deveni mică, apropiată de zero și poate fi utilizată pentru blocarea culorii.

În cazul b), semnalele de identificare vor fi foarte mici în comparație cu zgomotul. T 51 nu va mai fi blocat, în emitorul T 56 apare o tensiune mică care deschide T 60 și generează tensiunea de blocare a culorii în terminalul 8.

În cazul c) pe terminalul 11 vor exista doar „salve de zgomot”, iar în cazul d) va rezulta semnalul „salvă” PAL de amplitudine egală pentru toate liniile. Terminalele 9 și 10 vor avea aceeași tensiune, T 51 va fi deschis, în emitorul T 56 apare o tensiune care deschide T 60.

CIRCUITUL BASCULANT BISTABIL CBB

CBB utilizat în decodorul de culoare SECAM furnizează o succesiune de impulsuri cu frecvența de repetiție $\frac{f_H}{2}$, factor de umplere $\frac{1}{2}$, destinată comenzii comutatorului SECAM.

Corectitudinea fazei de comutație este controlată de tensiunea de comandă furnizată de circuitul de identificare. Din punct de vedere principal, problemele sînt similare cu cele prezentate la descrierea decodorului PAL.

EXEMPLU PRACTIC

În cele ce urmează se va descrie un decodor de culoare SECAM (fig. 13.41) pe baza schemei televizorului în culori „Videoton TS 3301”. Menționăm că decodorul utilizat în acest televizor este „bisistem”, permițînd recepția semnalelor SECAM, cît și a semnalelor codate în PAL. Se constată de asemenea că circuitul integrat TCA 660 este parțial utilizat pentru funcțiuni legate de decodarea de culoare, restul funcțiunilor fiind destinate amplificatorului de luminanță.

Descrierea de mai jos se referă numai la partea destinată decodării de culoare a semnalului SECAM.

Semnalul complet de crominanță este separat din semnalul video complex color și dezaccentuat cu ajutorul circuitelor trece bandă tip derivație L_1, C_1 și în mod special L_3, L_2, C_6 , urmînd ca semnalul de cca 200 mV să fie aplicat în terminalul 3 al circuitului integrat MCA 640 la intrarea amplificatorului limitator. Polarizarea în curent continuu a terminalului 3 se reglează cu ajutorul potențiometrului semireglabil P_1 .

Semnalul complet de crominanță amplificat și limitat este transmis spre etajul de stingere linii și cadre a semnalelor de crominanță. Același etaj realizează și separarea semnalului de identificare linii sau cadre din semnalul complet de crominanță. Ambele funcțiuni sînt îndeplinite cu ajutorul unor „impulsuri de întoarcere” linii sau cadre care sînt furnizate de etajele finale de baleiaj și a căror poziție coincide cu spațiul de stingere linii respectiv cadre.

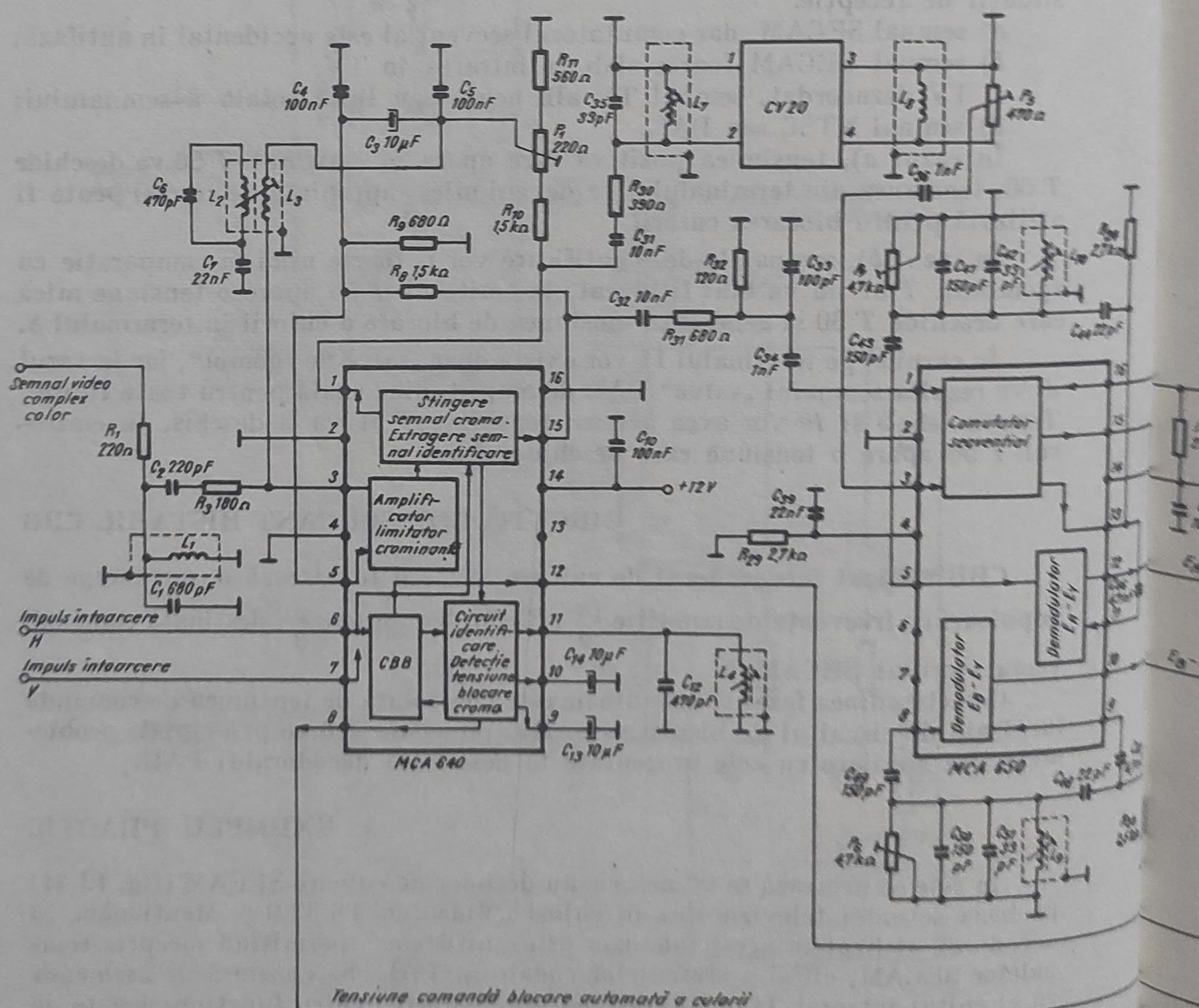
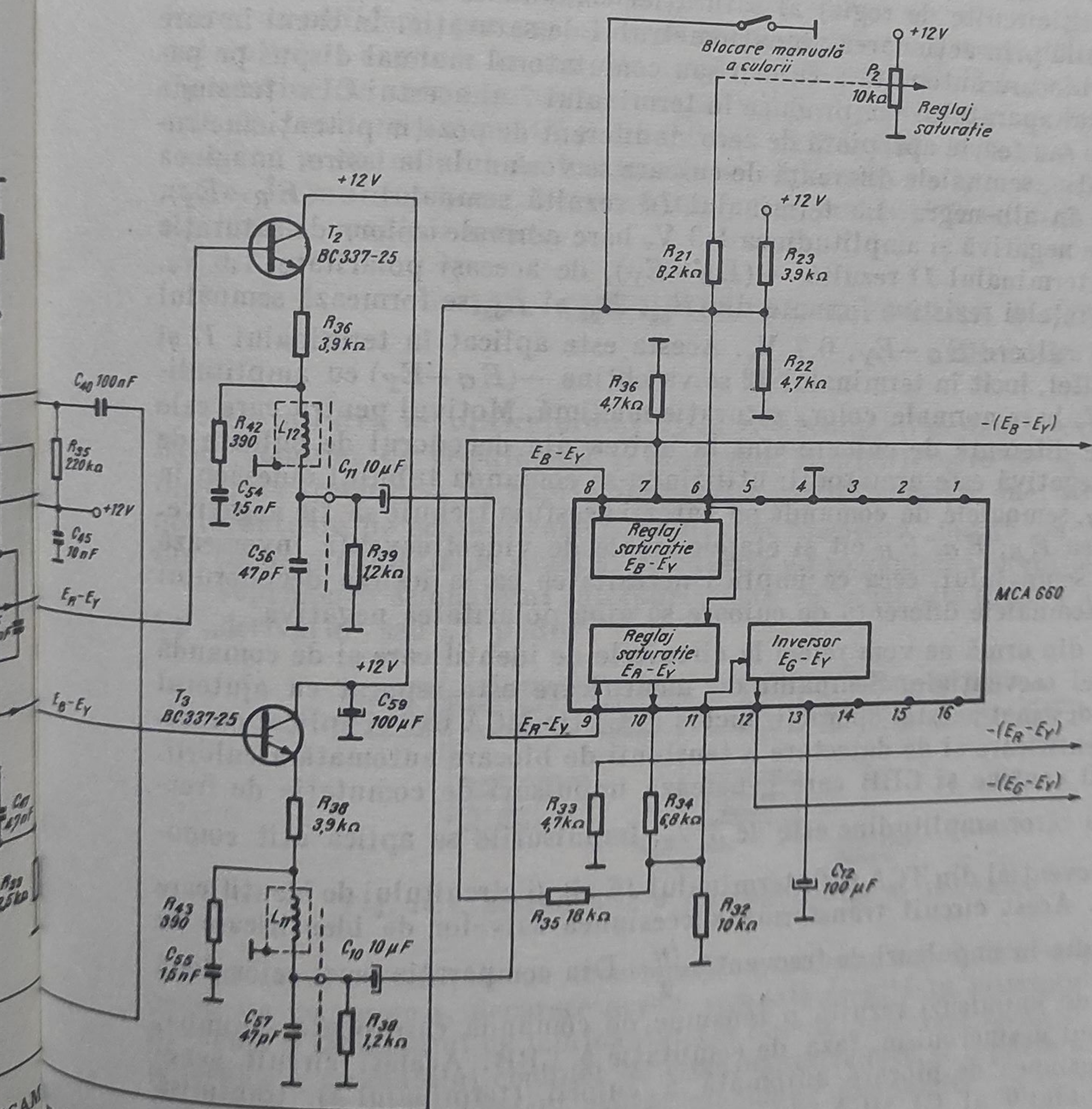


Fig. 13.41. Schema unui decodor de culoare SECAM pe ba

Semnalele de crominanță de cca 2 V oferite în terminalul 1 al CI tip TCA 640 sînt transmise spre calea întîrziată, realizată cu linia de întîrziere de cca 64 μ s tip CV 20, adaptată la intrare și ieșire. Amplitudinea semnalului întîrziat este reglată cu ajutorul potențiometrului P 5 în scopul egalizării cu semnalul direct, oferit în terminalul 15 și divizat cu ajutorul rezistoarelor R 31, R 32.

Semnalele de crominanță direct și întîrziat sînt aplicate în terminalele 1 respectiv 3 ale circuitului integrat TCA 650 și transmise spre comutatorul secvențial care separă semnalele de crominanță U_{DR} și U_{DB} . Semnalul U_{DR} rezultă în terminalul 12 și este transmis spre demodulatorul E_R-E_Y direct prin condensatorul C 46 spre terminalul 11 și prin circuitul de defazare format din C 44, C 41, L 10 și P 7 spre terminalul 5. Semnalul diferență de culoare E_R-E_Y se transmite din terminalul 12 al CI MCA 650 spre repetorul pe emitor T 2. Semnalul U_{DB} rezultă în terminalul 15 și se transmite spre demodu-



Pe baza schemei televizorului "VIDEOTON TS 3301".

latorul $E_B - E_Y$ direct prin condensatorul C_{47} spre terminalul 9 și prin circuitul de defazare format din C_{48} , C_{50} , L_9 și P_6 , spre terminalul 8. Semnalul diferență de culoare $E_B - E_Y$ se transmite din terminalul 10 al CI MCA 650 spre repetitorul pe emitor T_3 . Cu ajutorul bobinelor ajustabile ale circuitelor de defazare se poate egala defazajul corespunzător semnalului nemodulat, deci se poate modifica nivelul de referință față de nivelul de stingere al semnalului diferență de culoare demodulat. Cu ajutorul potențio metrilor P_7 și P_6 se poate regla amplitudinea semnalului demodulat $E_R - E_Y$ respectiv $E_B - E_Y$.

În circuitele de sarcină ale celor două repetitoare pe emitor T_2 și T_3 se află circuitele de dezaccentuare de videofrecvență, urmînd ca cele două semnale diferență de culoare $E_R - E_Y$ ($0,26 V_v$) și $E_B - E_Y$ ($0,32 V_v$) să fie transmise spre modulul pe care se află circuitul integrat TCA 660. Acest CI conține circuite destinate reglajului saturației și un circuit pentru inversarea semnalului diferență de culoare $E_G - E_Y$.

Semnalele $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ se aplică la terminalele 9 respectiv 8. Semnalele parcurg circuite de reglaj al saturației comandate de o tensiune exterioară reglabilă prin acționarea potențio metrului de saturație. În cazul în care circuitul de blocare automată a culorii sau comutatorul manual dispus pe panoul frontal al aparatului vor produce în terminalul 7 al acestui CI o tensiune egală cu zero sau foarte apropiată de zero, indiferent de poziția potențio metrului de saturație, semnalele diferență de culoare se vor anula la ieșire, imaginea redată trece în alb-negru. La terminalul 10 rezultă semnalul $-(E_R - E_Y)$, de polaritate negativă și amplitudinea $1,3 V_v$ bare normale color, de saturație maximă; la terminalul 11 rezultă $-(E_B - E_Y)$, de aceeași polaritate, $1,6 V_v$. Cu ajutorul rețelei rezistive formate din R_{34} , R_{35} și R_{32} se formează semnalul diferență de culoare $E_G - E_Y$, $0,7 V_v$. Acesta este aplicat în terminalul 11 și inversat, astfel, încît în terminalul 12 se va obține $-(E_G - E_Y)$ cu amplitudinea de $0,7 V_v$ bare normale color, saturație maximă. Motivul pentru care cele trei semnale diferență de culoare sînt la ieșirea din decodorul de culoare de polaritate negativă este următorul: utilizîndu-se comanda tubului cinescop în E_R , E_G , E_B , semnalele de comandă pe catodii acestuia trebuie să fie negative. Atît matricea E_R , E_G , E_B cît și etajele finale de videofrecvență inversează polaritatea semnalului, ceea ce implică necesitatea ca la ieșirea decodorului de culoare semnalele diferență de culoare să aibă polaritatea negativă.

În cele din urmă ne vom referi la circuitele de identificare și de comandă a comutației secvențiale. Semnalul de identificare este separat cu ajutorul circuitului destinat acestei operații, inclus în CI tip MCA 640 și aplicat circuitului de identificare și de detectare a tensiunii de blocare automată a culorii. CI MCA 640 conține și CBB care generează impulsuri de comutație de frecvență $\frac{f_H}{2}$, a căror amplitudine este de $3 V_v$. Impulsurile se aplică atît comutatorului secvențial din TCA 650, terminalul 16 cît și circuitului de identificare propriu-zis. Acest circuit transformă succesiunea salvelor de identificare pe linii sau cadre în impulsuri de frecvență $\frac{f_H}{2}$. Din comparația fazei celor două succesiuni de impulsuri rezultă o tensiune de comandă care poate schimba, în cazul unui nesincronism, faza de comutație a CBB. Același circuit generează și tensiunea de blocare automată a culorii (terminalul 8) transmisă spre terminalul 6 al CI MCA 660 care poate provoca anularea semnalelor diferență de culoare de la ieșirea din decodorul de culoare.

Cum funcționează amplificatorul de luminanță

Amplificatorul de luminanță este destinat extragerii semnalului de luminanță E_Y din semnalul video complex color (SVCC), întârzierii semnalului E_Y în scopul asigurării unei coincidențe temporale cu semnalele diferență de culoare, amplificării precum și prelucrării ulterioare a acestui semnal în scopul aplicării acestuia la una din intrările matricii $E_R E_G E_B$. Amplificatorul E_Y conține de asemenea un circuit de reglaj al contrastului precum și un circuit de limitare automată a curentului de fascicul. Refacerea componentei continue a semnalului de luminanță se realizează cu ajutorul circuitului de axare. În multe scheme, acest circuit poate prelua și funcțiunea de reglaj al strălucirii imaginii redată.

14.1. CIRCUITUL DE SEPARARE A SEMNALULUI DE LUMINANȚĂ E_Y

La intrarea amplificatorului E_Y se află semnalul de luminanță cît și semnalul complet de crominanță și semnalul interpuțătoare de sunet. Acestea din urmă trebuie să fie suprimate pentru a evita apariția unei structuri fine, perturbatoare pe ecranul televizorului. Un asemenea „moar” s-ar modifica în funcție de modulația de sunet și de culoare a programului recepționat.

Suprimarea semnalului interpuțătoare de sunet este asigurată de circuite tip „derivație” sau „T podit”.

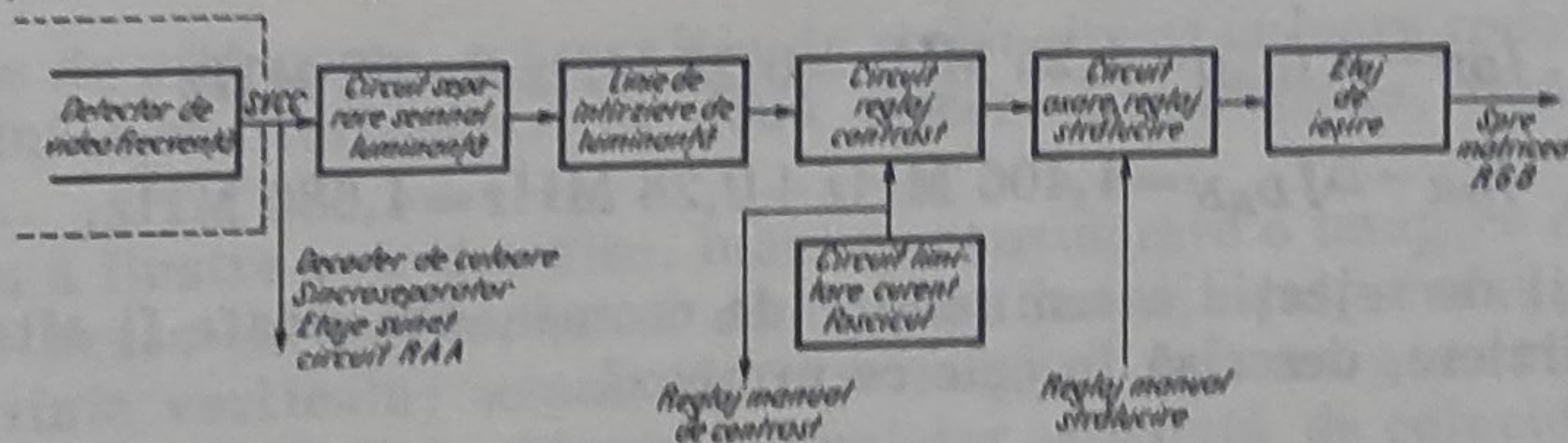


Fig. 14.1. Schema bloc a amplificatorului de luminanță.

În cazul semnalelor de crominanță, problema suprimării este rezolvată printr-un compromis, deoarece aceste semnale se află în interiorul benzii de frecvență a semnalului de luminanță. Un circuit care realizează o suprimare puternică a semnalului complet de crominanță reduce și o parte a spectrului semnalului E_Y . Din această cauză, atenuarea semnalelor de crominanță se face cu cel mult 20 dB (de 10 ori).

Cele mai des utilizate circuite de rejecție pentru semnalele de cromaticitate sînt de tipul „derivație” sau „serie” (fig. 14.2,a). În cazul televizoarelor în culori pe sistemele NTSC și PAL se utilizează întotdeauna circuite acordate pe o singură frecvență: 3,58 MHz respectiv 4,43 MHz. În cazul aparatelor care funcționează în sistemul SECAM se utilizează cîteodată circuite de rejecție cu două frecvențe de acord (fig. 14.2,b).

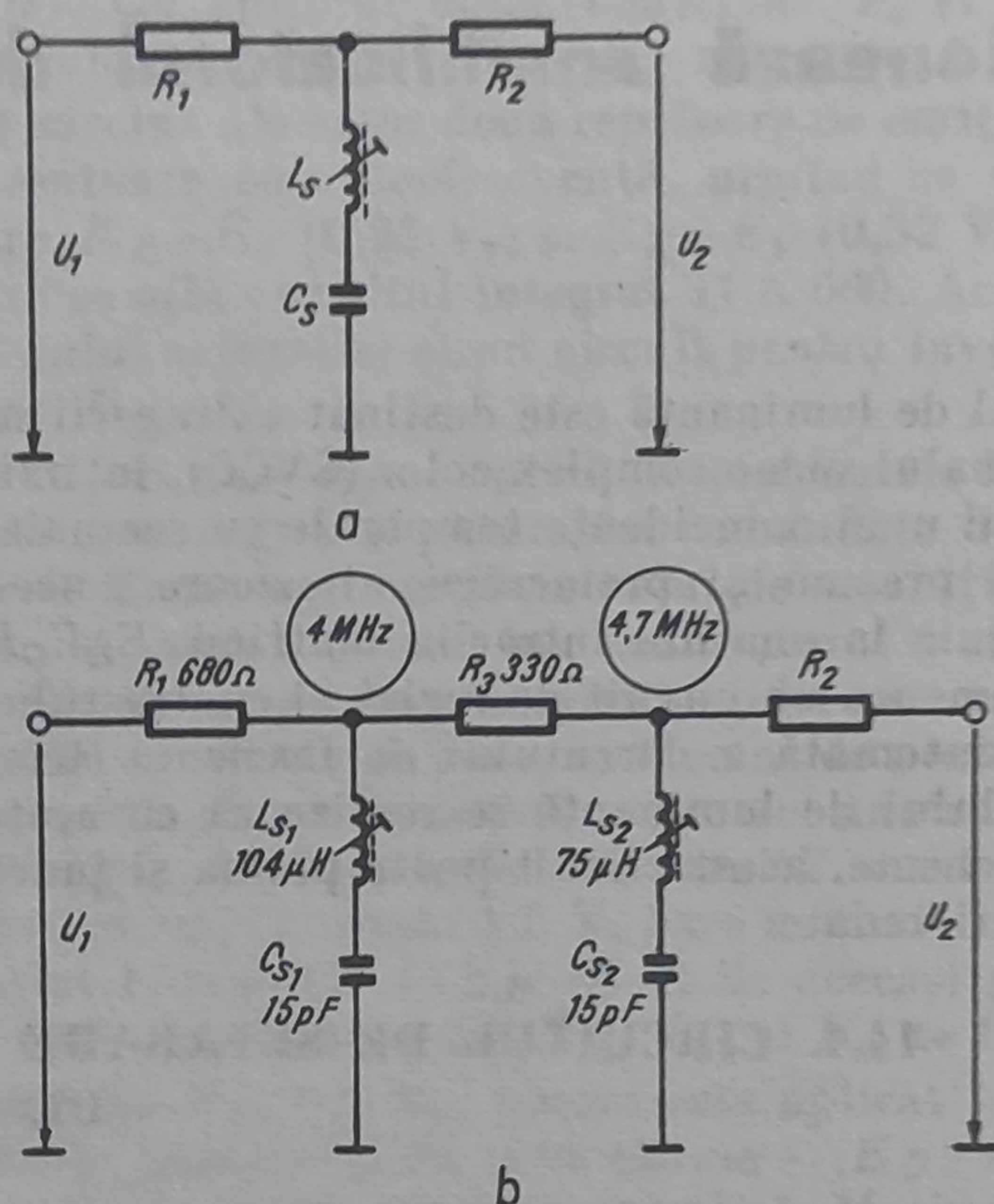


Fig. 14.2. Circuite de rejecție serie pentru semnalele de cromaticitate: a — cu o frecvență de acord; b — cu două frecvențe de acord.

Practic s-a constatat că vizibilitatea perturbației cauzate de semnalele de cromaticitate în sistemul SECAM este mai redusă dacă cele două frecvențe de rejecție coincid cu frecvențele extreme ale spectrelor semnalelor de cromaticitate:

$$f_{OB} - \Delta f_{DBN} = 4,25 \text{ MHz} - 0,23 \text{ MHz} = 4,02 \text{ MHz}$$

$$f_{OR} - \Delta f_{DRN} = 4,406 \text{ MHz} + 0,28 \text{ MHz} = 4,686 \text{ MHz}.$$

Circuitul de rejecție a semnalelor de cromaticitate poate fi situat și după linia de întârziere, descrisă în cele ce urmează.

14.2. LINIA DE ÎNTÂRZIERE DE LUMINANȚĂ

Spre deosebire de televizoarele alb-negru, în televizoarele în culori PAL și SECAM se utilizează atât semnalul de luminanță, care se transmite cu o bandă de frecvență de cel puțin 4—5 MHz, cât și semnalele diferență de culoare $E_R - E_Y$, $E_B - E_Y$, a căror bandă de frecvență este mai redusă, de cca 1 MHz. Deoarece benzile de frecvență ale semnalelor E_Y , respectiv $E_R - E_Y$ și $E_B - E_Y$ diferă între ele, circuitele parcurse de aceste semnale vor avea frecvențe limită

superioare diferite. Simplificind mult o lege de bază din teoria circuitelor electrice se poate afirma că dacă circuitele cu benzi de frecvență mai mari vor întârzia semnalele care trec prin ele cu un anumit timp de întârziere, circuitele cu benzi de frecvență mai mici vor introduce un timp de întârziere proporțional mai mare. Prin urmare, dacă nu s-ar utiliza un mod de a compensa decalajul în timp apărut între semnalul E_Y pe de o parte și $E_R - E_Y$ și

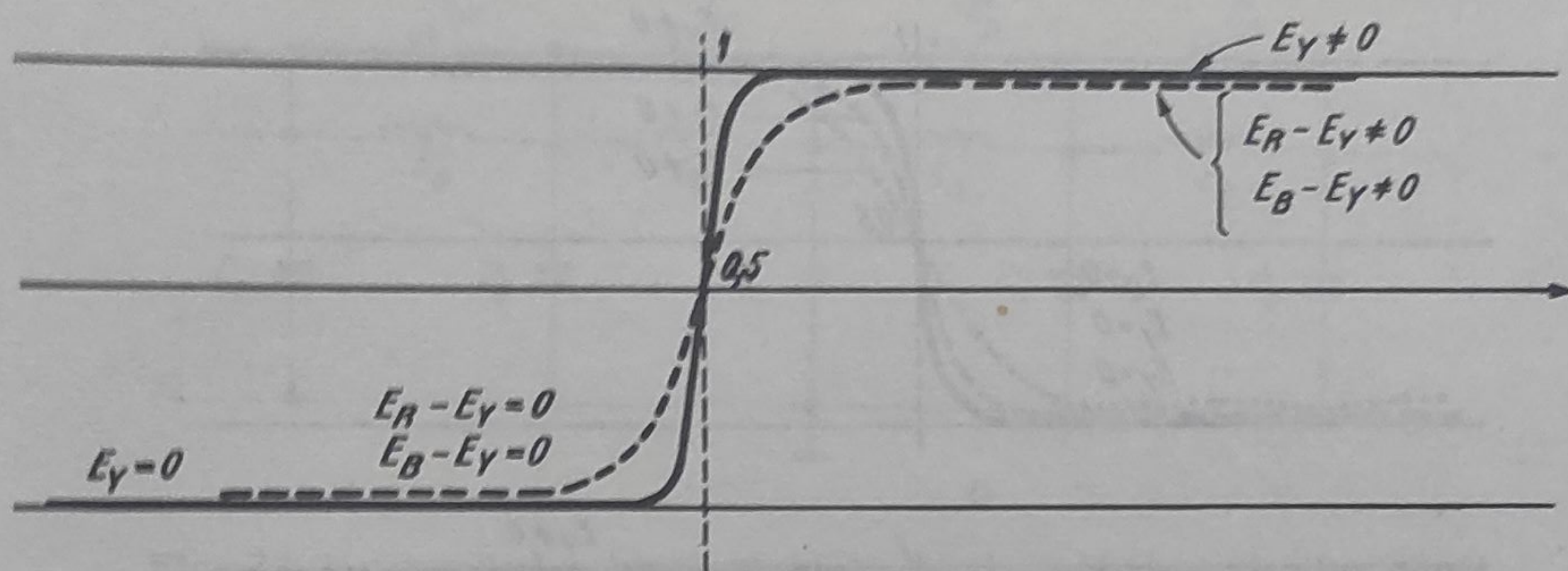


Fig. 14.3. Variația în timp a semnalelor E_Y ; $E_R - E_Y$; $E_B - E_Y$, corespunzătoare unui salt de strălucire și culoare a imaginii redată (spre simplificare s-a presupus că valorile după salt sînt egale).

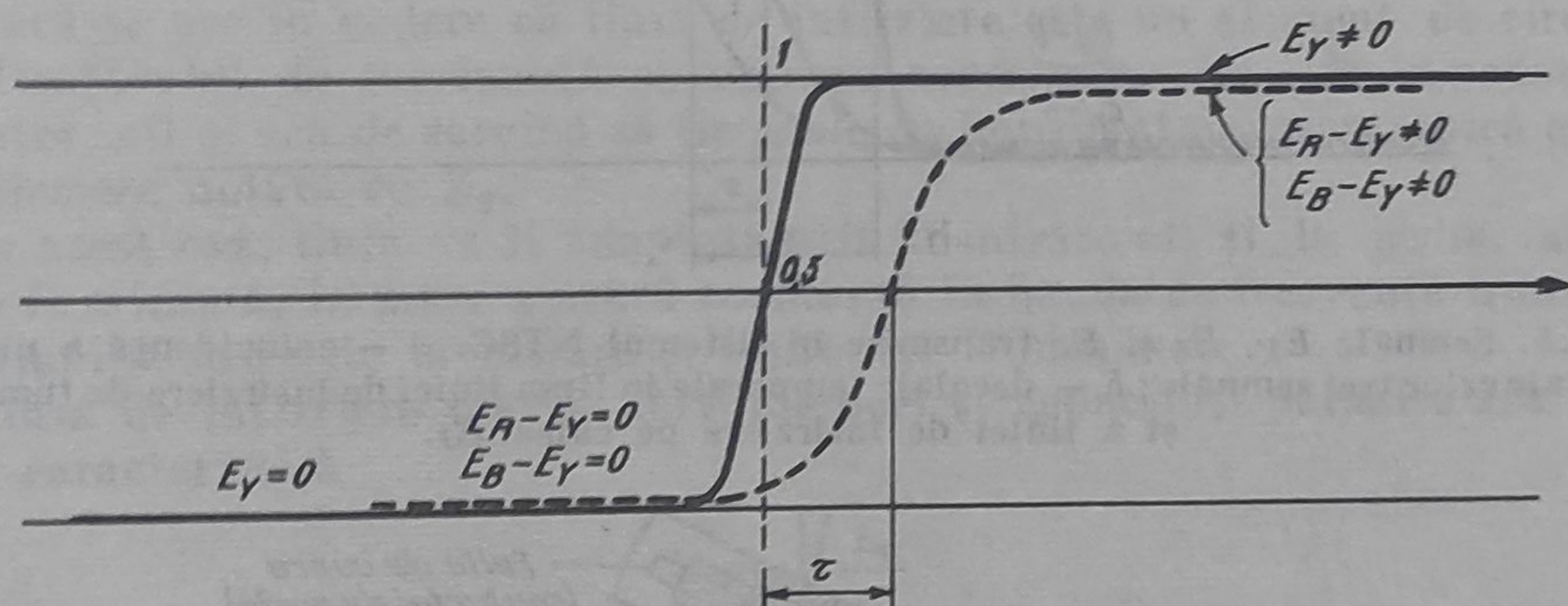


Fig. 14.4. Semnalul de luminanță și semnalele diferență de culoare după parcurgerea unor circuite fără linie de întârziere de luminanță.

$E_B - E_Y$ pe de altă parte, o tranziție de strălucire și culoare redată pe ecranul televizorului s-ar transforma în două treceri nesimultane, fără coincidență temporală.

Pentru a ilustra cele descrise, luăm în considerare o imagine de televiziune ca un salt brusc de strălucire și de culoare la mijlocul ecranului. Imaginea conține o linie verticală; semnalele care asigură redarea acestei imagini sînt prezentate în fig. 14.3. Coincidența semnalelor este dată de coincidența punctelor de 50% ale flancurilor acestor semnale.

Din cauza întârzierii mai mari pe calea semnalelor diferență de culoare din motivele expuse mai sus, semnalele vor avea însă în realitate poziția relativă din fig. 14.4.

Pentru a reface coincidența necesară între semnale se folosește în amplificatorul de luminanță o linie de întârziere specială, care introduce și pe calea semnalului E_Y o întârziere egală cu 270–500 ns, în funcție de schema decodorului de culoare ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$).

Menționăm că în televizoarele în culori NTSC, întârzierea pe care trebuie s-o asigure linia de întârziere de luminanță va compensa decalajul temporal între semnalele E_Y și E_Q . În televizoarele pe sistemul NTSC din cauza benzii de frecvență mai mari a circuitelor destinate prelucrării semnalului E_I în comparație cu cele corespunzătoare semnalului E_Q , linia de întârziere de luminanță nu mai poate asigura coincidența tuturor semnalelor.

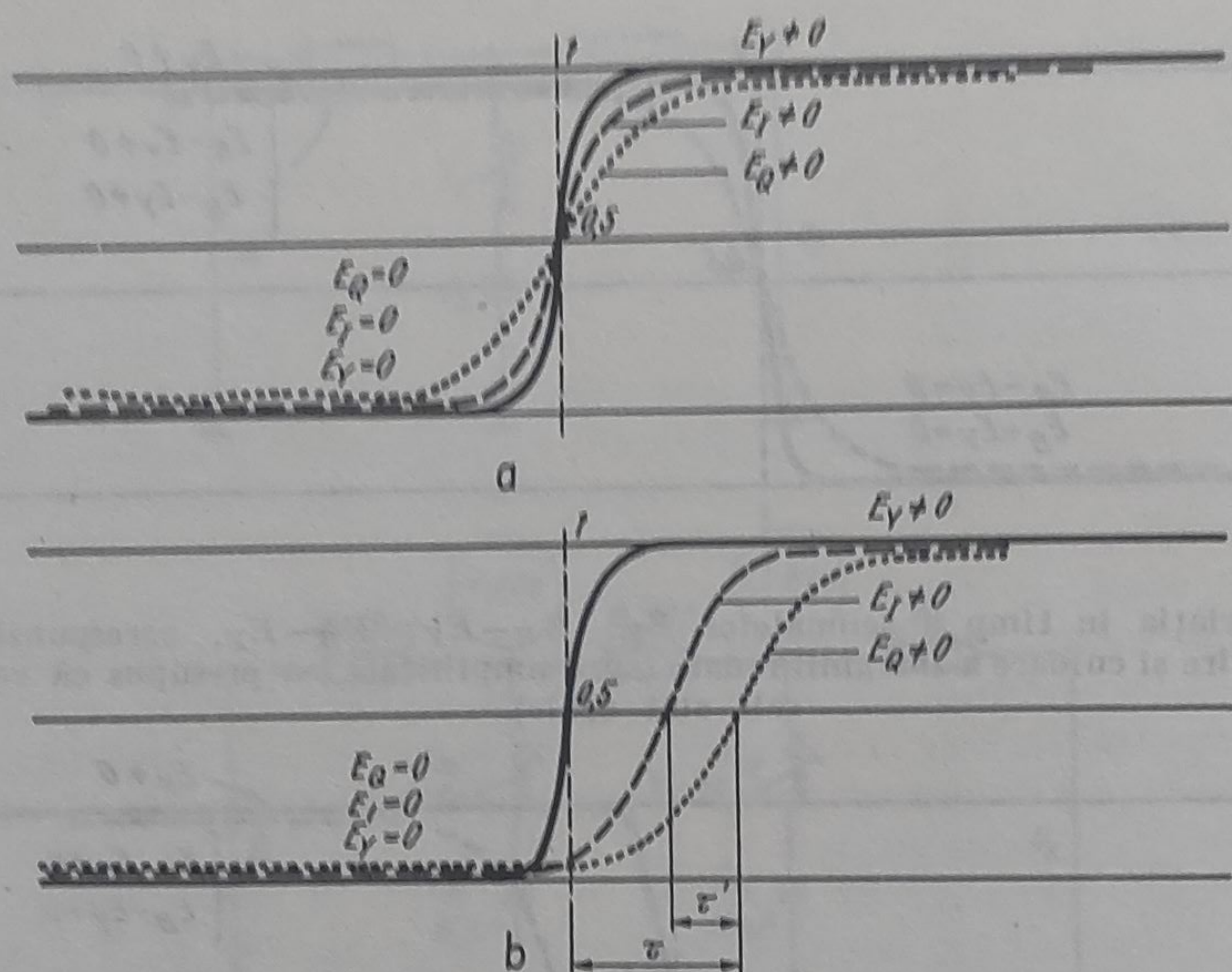


Fig. 14.5. Semnale E_Y , E_I și E_Q transmise în sistemul NTSC. a — coincidență a nivelelor de 50 % ale celor trei semnale; b — decalaje temporale în lipsa liniei de întârziere de luminanță și a liniei de întârziere pe calea E_I .

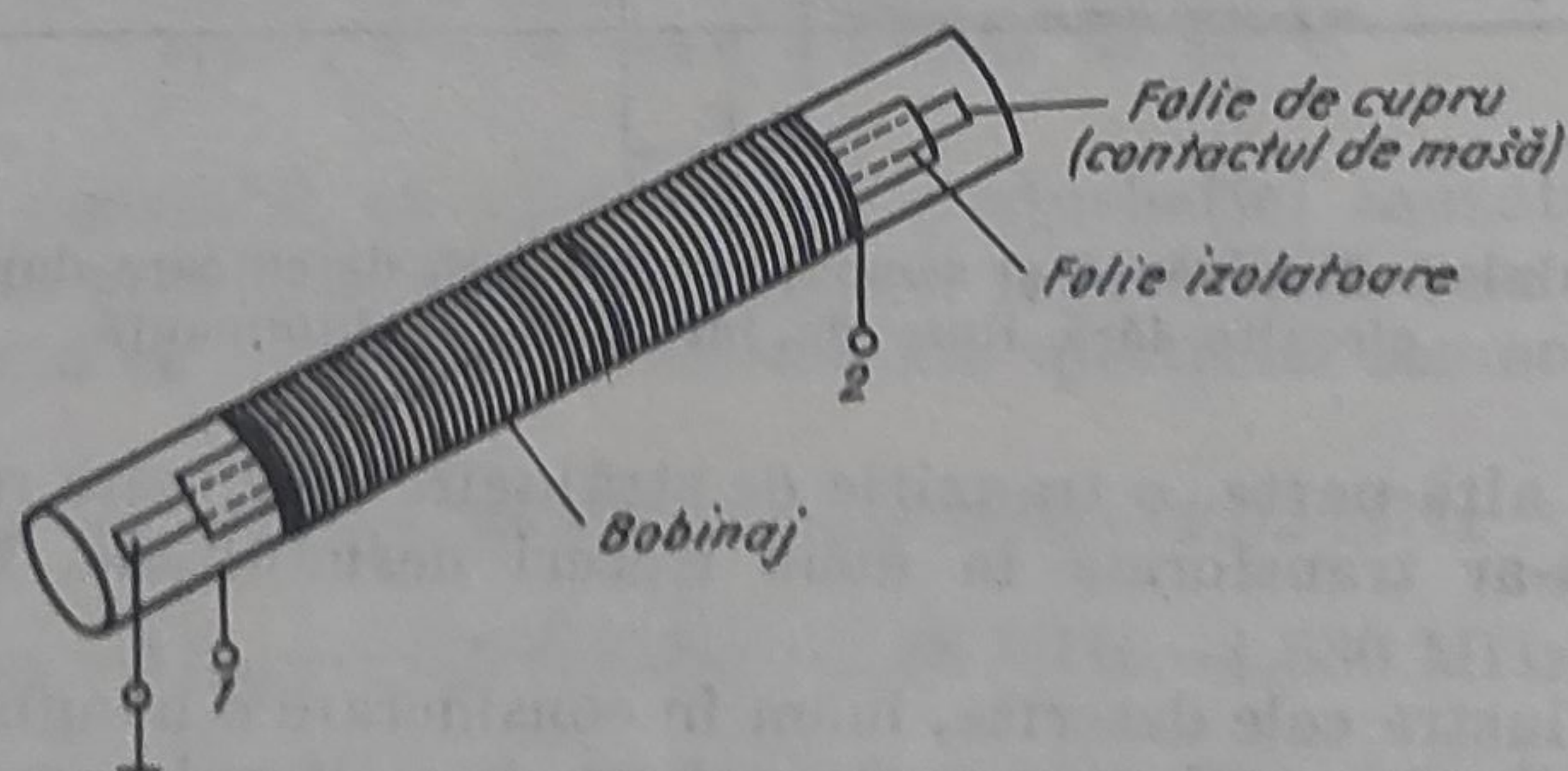


Fig. 14.6. Reprezentarea schematică a unei linii de întârziere de luminanță.

În decodorul NTSC se va prevedea și o întârziere a semnalului E_I (fig. 14.5).

Din punct de vedere practic, linia de întârziere de luminanță poate fi realizată în modul cel mai avantajos în forma unei bobine pe un suport care are rolul contactului de masă (fig. 14.6). Modul de depunere a spirelor pe carcasa liniei de întârziere, legea de bobinare cu spire una lângă alta, în „pachete” sau în „fagure” este foarte important și determină în mare măsură performanțele electrice ale liniei de întârziere.

Fiecare spiră a liniei de întârziere poate fi echivalată cu o „inductivitate unitară” L_0 și cu o „capacitate unitară” C_0 față de masă.

De asemenea, fiecare spiră are și o capacitate parazită C_p , a cărei valoare se determină practic în scopul asigurării unui timp de întârziere și a atenuării introduse de linia de întârziere cât mai constant în toată banda de frecvență a semnalului.

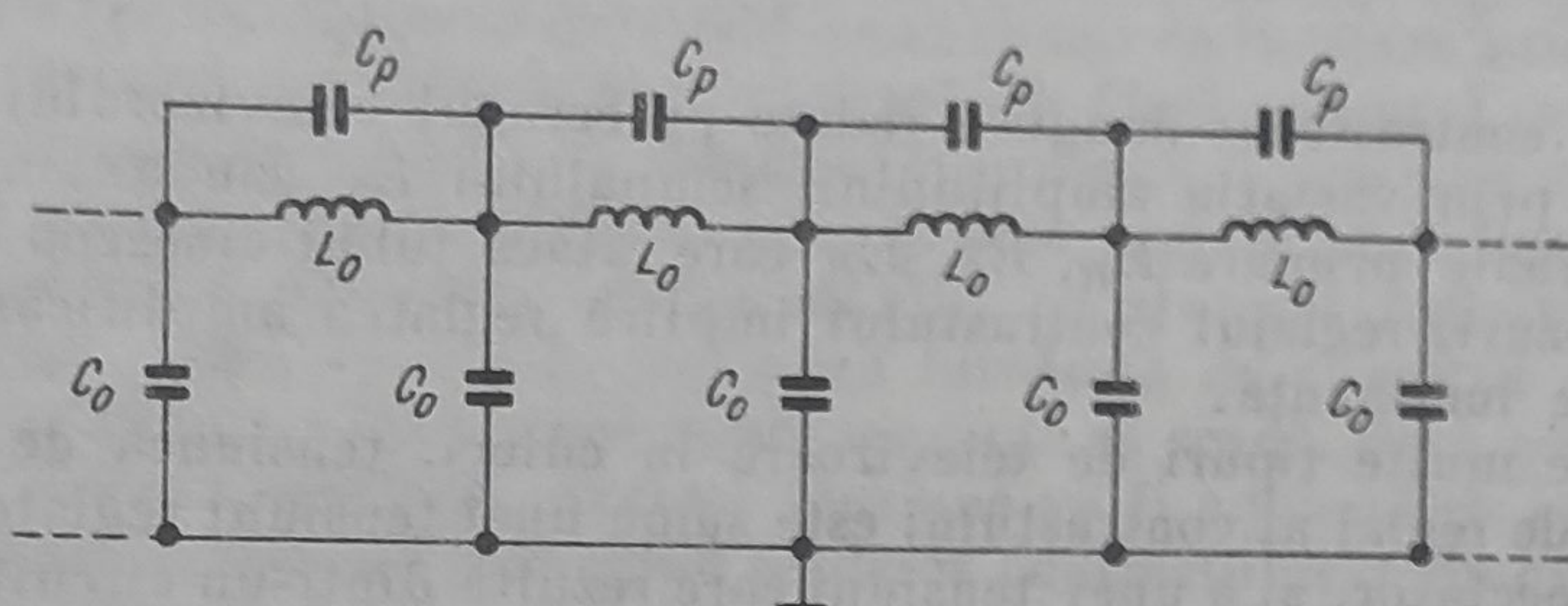


Fig. 14.7. Circuitul echivalent al liniei de întârziere de luminanță.

Schema echivalentă a unei astfel de linii de întârziere este prin urmare cea redată în fig. 14.7.

Dacă se are în vedere că linia de întârziere este un element de circuit al amplificatorului de luminanță se impune necesitatea ca atât impedanța de generator, cât și cea de sarcină să fie egale cu impedanța caracteristică a liniei de întârziere notată cu Z_0 .

În acest caz, linia va fi adaptată atât la intrare cât și la ieșire, atenuarea va fi minimă, în mare măsură constantă în banda de frecvență transmisă, iar reflexiile nedorite la intrare și ieșire vor fi minime.

Linia de întârziere ideală, fără pierderi și capacități parazite are impedanța caracteristică

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$$

Timpul total de întârziere este

$$\tau = \frac{L}{Z}$$

unde L este inductivitatea totală a liniei de întârziere.

În cele ce urmează se dau câteva date caracteristice pentru linia de întârziere de luminanță DL 102 fabricată în RDG:

— banda de frecvență la 3 dB	5 MHz
— neuniformitatea caracteristică de frecvență în banda 0—4 MHz	1 dB
— impedanța caracteristică Z_0	$1200 \pm 100 \Omega$
— Atenuarea de inserție introdusă la 1 MHz	8 dB
— timpul de întârziere	$470 \text{ ns} \pm 10\%$
— timpul de creștere al impulsului treaptă la ieșire dacă la intrare timpul de creștere este considerat mic	$390 \text{ ns} \pm 10\%$
— Supracreșterile impulsului treaptă	120 ns
— rezistența proprie	3%
	175 Ω

- tensiunea de străpungere a bobinajului
- masa

150 V
50 g

14.3. CIRCUITUL DE REGLAJ AL CONTRASTULUI

Reglarea contrastului imaginii redată pe ecranul televizorului în culori se realizează prin variația amplitudinii semnalului E_Y sau a amplitudinii celor trei semnale primare E_R , E_G , E_B care atacă tubul cinescop în culori. În ambele cazuri, reglajul contrastului implică reglarea amplificării amplificatorului de luminanță.

La foarte multe tipuri de televizoare în culori, tensiunea de comandă a circuitului de reglaj al contrastului este suma unei tensiuni reglate manual, de către telespectator, și a unei tensiuni care rezultă dintr-un circuit de limitare automată a curentului de fascicul al tubului cinescop.

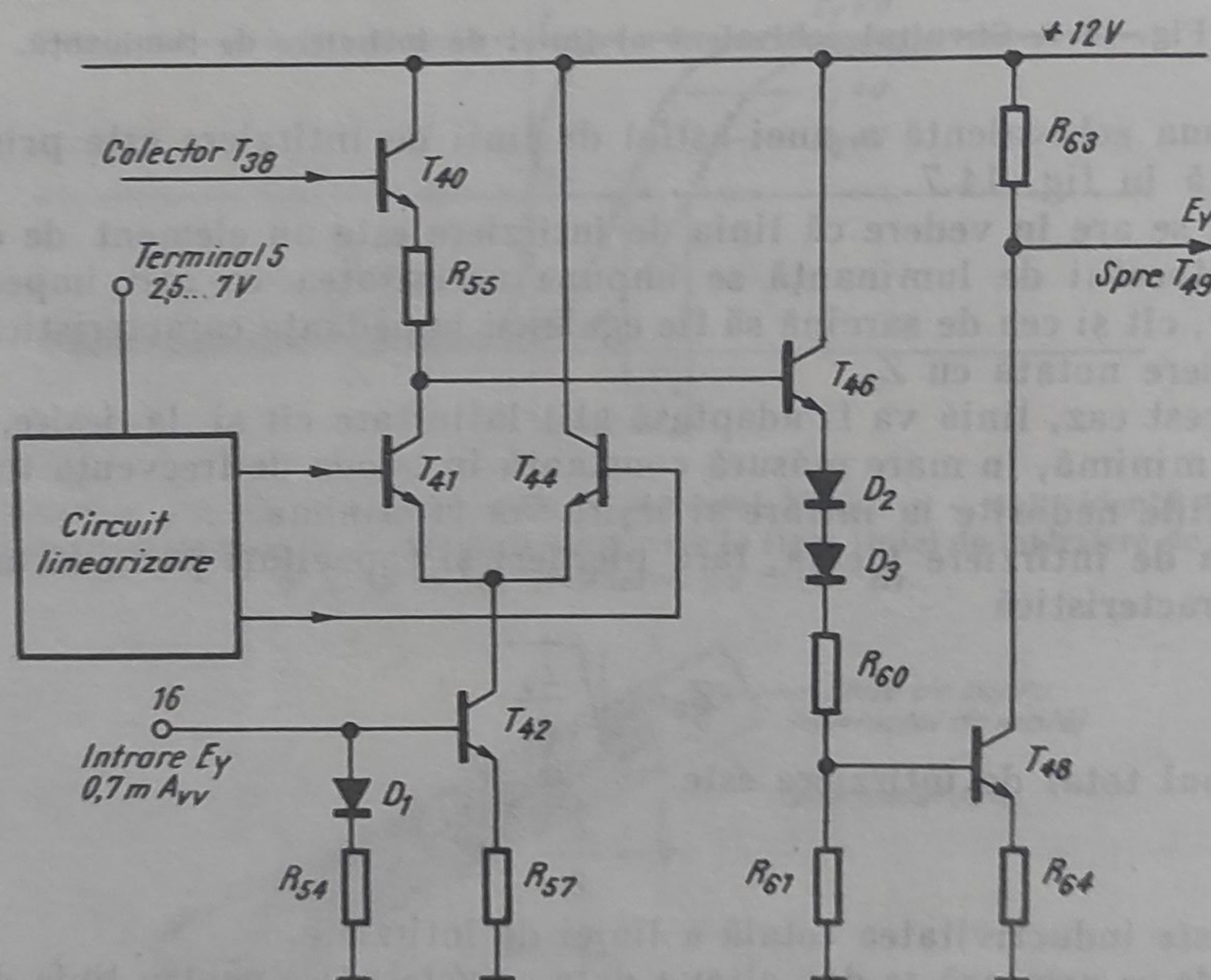


Fig. 14.8. Schema internă a CI tip TCA 660 (parțial) destinată reglajului de contrast.

Practic în toate televizoarele în culori moderne se utilizează circuite integrate pentru echiparea amplificatoarelor E_Y . Amplificarea propriu-zisă se realizează cu etaje diferențiale cu câștig reglabil, funcționând după principiul potențiometrului electronic. Principiul acestui reglaj va fi prezentat pentru cazul utilizării unui CI tip TCA 660 (fig. 14.8).

Semnalul de luminanță este aplicat pe terminalul 16. Curentul necesar în regim dinamic este de 0,7 mA; dioda D_1 și rezistorul R_{54} au rol de protecție. Semnalul este amplificat de tranzistorul T_{42} și aplicat pe emitorii tranzistoarelor T_{41} și T_{44} . Tensiunea între bazele T_{41} și T_{44} provine dintr-un circuit de linearizare, comandat de tensiunea continuă, reglabilă, aplicată pe terminalul 5. Pentru tensiuni continue mici aplicate pe terminalul

5, T_{41} și T_{42} vor avea tensiuni de bază și curenți de colector egali. Prin urmare, semnalul din colectorul T_{41} tinde spre zero. Dacă tensiunea continuă de pe terminalul 5 crește, circuitul de linearizare intercalat va comanda T_{41} în sensul creșterii și T_{44} în sensul scăderii curentului de colector. T_{41} va tinde spre regimul de amplificare maximă. Semnalul E_Y se va transmite prin intermediul T_{46} și T_{48} spre circuitele de axare și reglaj de strălucire.

Tensiunea de comandă furnizată de circuitul de limitare automată a curentului de fascicul acționează în felul următor: Dacă curentul de fascicul I_f al tubului cinescop este încă mic, circuitul furnizează o tensiune de obicei negativă care nu depășește un anumit prag și prin urmare nu influențează în nici un fel contrastul imaginii redată, stabilit cu ajutorul reglajului manual al contrastului. Dacă I_f crește, tensiunea furnizată de circuitul de limitare va trece de un prag, avînd în continuare tendința să scadă. Dacă este negativă va crește în valoare absolută. Această tensiune va fi adunată cu cea corespunzătoare reglajului manual provocînd scăderea contrastului. Prin urmare va scăde nivelul de alb, va crește potențialul între grila și catodul tubului, I_f va scăde și funcționarea intră într-un regim permanent.

14.4. CIRCUITUL DE AXARE ȘI REGLAJ AL STRĂLUCIRII

Pentru a reda în mod corect pe ecranul televizorului în culori imaginea transmisă este necesară redarea atît a detaliilor fine ale acesteia, asigurată de variații rapide ale nivelului semnalului de-a lungul unei linii TV, cît și redarea strălucirii medii, reprezentată de componenta medie a semnalului E_Y .

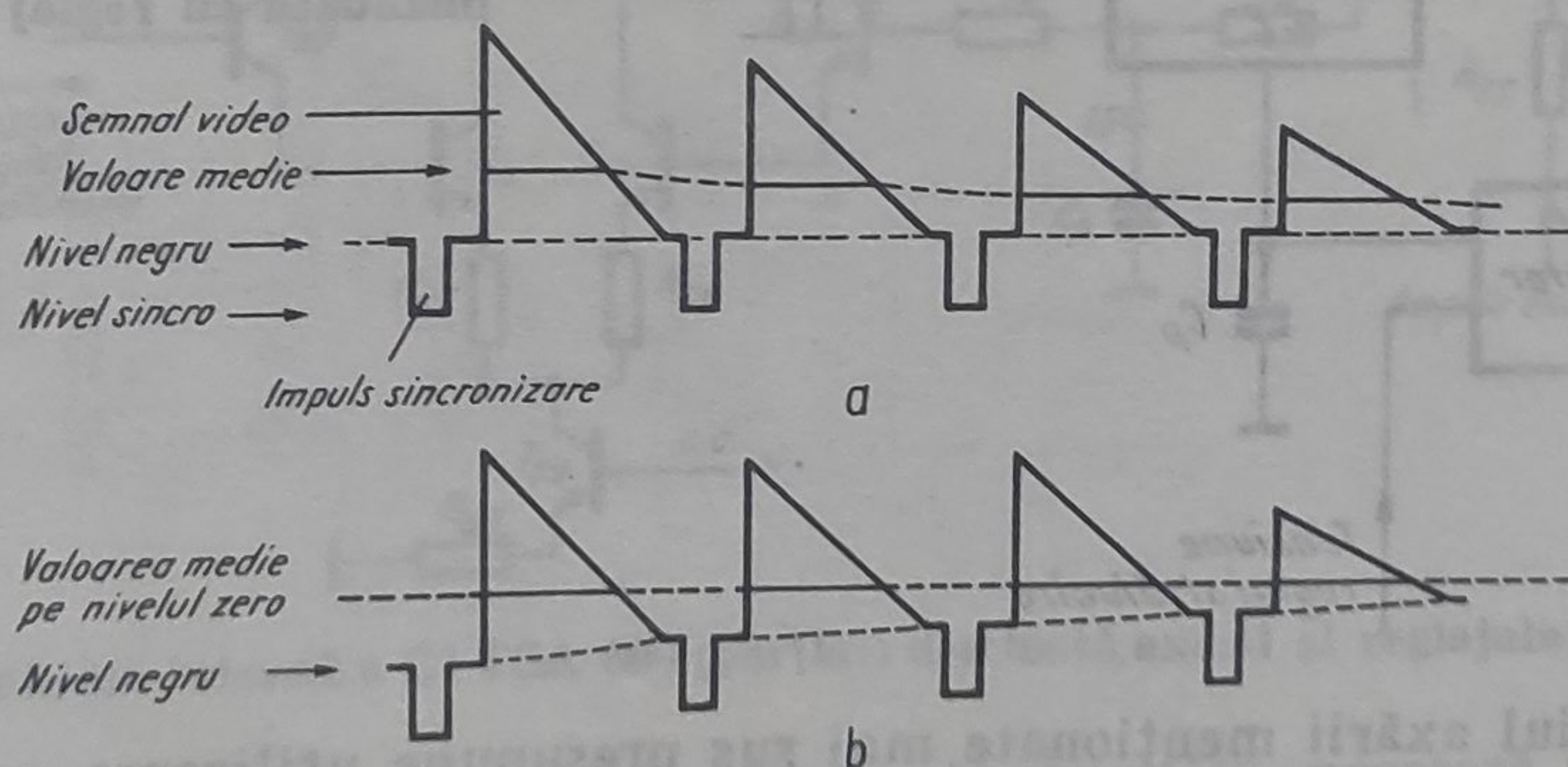


Fig. 14.9. Variația în timp a semnalului video complex (SVC) *a* — cu nivel de negru constant axat pe o valoare de referință.

b — cu valoarea medie adusă la „nivelul zero” și nivel de negru inconstant, în funcție de conținutul de imagine.

Conform principiului formării semnalelor în televiziune, nivelul de negru al acestuia este considerat „nivel de referință”, fiind aliniat pe aceeași valoare, indiferent de conținutul de imagine transmis (fig. 14.9 *a*).

Dacă prelucrarea unui semnal TV se face fără a transmite și componenta continuă și frecvențele foarte joase ale semnalului nu se mai dispune la ieșire de componenta medie a semnalului E_Y , nu se mai poate reda strălucirea medie a imaginii. Din cauza pierderii componentei medii, semnalele vor fi aliniate „pe zero”, iar nivelele de referință nu se vor mai situa pe același nivel continuu

(fig. 9 b). Prin urmare, condiția necesară și suficientă pentru refacerea componentei medii pierdute a unui semnal de videofrecvență este axarea nivelelor de negru pe o valoare constantă, independentă de conținutul de imagine.

În cazul amplificatoarelor de luminanță cu circuite integrate se utilizează de obicei între detectorul de VF și amplificatorul E_Y un cuplaj capacitiv. În consecință, devine necesară utilizarea unui circuit de axare pentru semnalul de luminanță.

De asemenea, menționăm că reglarea strălucirii imaginii redată pe ecranul televizorului poate fi efectuată fie modificând una din tensiunile de polarizare a electrozilor G 1 sau G 2, fie prin modificarea nivelului de negru al semnalelor aplicate pe catodii tubului cinescop. Avînd în vedere faptul că amplificatoarele de luminanță conțin oricum un circuit de axare se utilizează, mai ales în aparatele echipate cu circuite integrate, metoda axării pe un nivel reglabil, asigurîndu-se astfel și reglajul strălucirii.

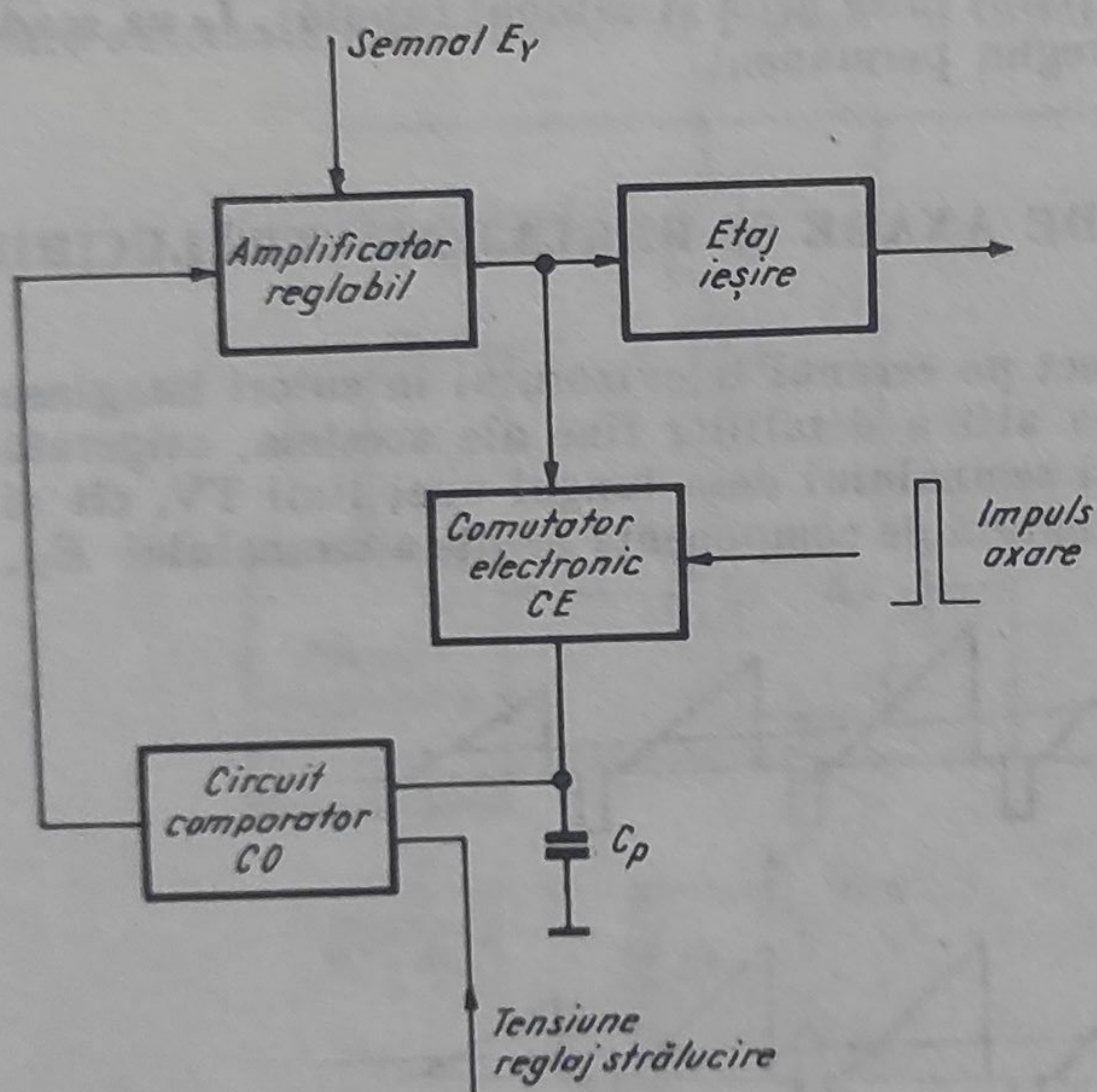


Fig. 14.10. Circuit de axare comandată cu reglaj de strălucire.

Principiul axării menționate mai sus presupune utilizarea unor circuite care asigură un anumit regim de funcționare numai într-un interval de timp corespunzător nivelului de referință. Prin urmare, aceste circuite vor fi comandate de „impulsuri de axare”, iar procedeul va avea denumirea de „axare comandată”.

Pe baza schemei simplificate din fig. 14.10 se va explica funcționarea circuitului de axare. Semnalul de luminanță se aplică după amplificare și reglare la intrarea etajului de ieșire. Pe durata impulsurilor de axare, comutatorul electronic CE va fi deschis. În acest interval de timp, C_p se poate încărca la o tensiune care depinde de nivelul de negru al semnalului. Această tensiune se aplică la una din intrările comparatorului CO care o compară cu o tensiune continuă, dar reglabilă. Dacă semnalul E_Y are nivelul de negru constant, tensiunea pe C_p va fi continuă și va avea pentru amplificator rolul unei tensiuni de polarizare. Dacă nivelul de negru al semnalului E_Y este

inconstant, tensiunea pe C_p va urmări aceste variații, tensiunea de comandă furnizată de CO va fi adunată cu semnalul E_Y , care astfel va avea din nou nivelul de negru egal cu un nivel constant, de referință.

Dacă tensiunea continuă furnizată de reglajul de strălucire al televizorului se va modifica în anumite limite, și nivelul de negru se va modifica în mod corespunzător prin intermediul circuitului descris.

Principiul descris poate fi exemplificat cu circuitul integrat TCA 660; partea schemei sale interne care asigură axarea și reglajul de strălucire este reprezentată în fig. 14.11. Semnalul E_Y din colectorul tranzistorului T 48 (fig. 14.8) se aplică prin intermediul T 49 la intrarea amplificatorului final, cît și a comutatorului electronic format din T 50 și T 51, comandat de impulsuri de axare prin rezistorul R 67. Condensatorul de axare este conectat la ter-

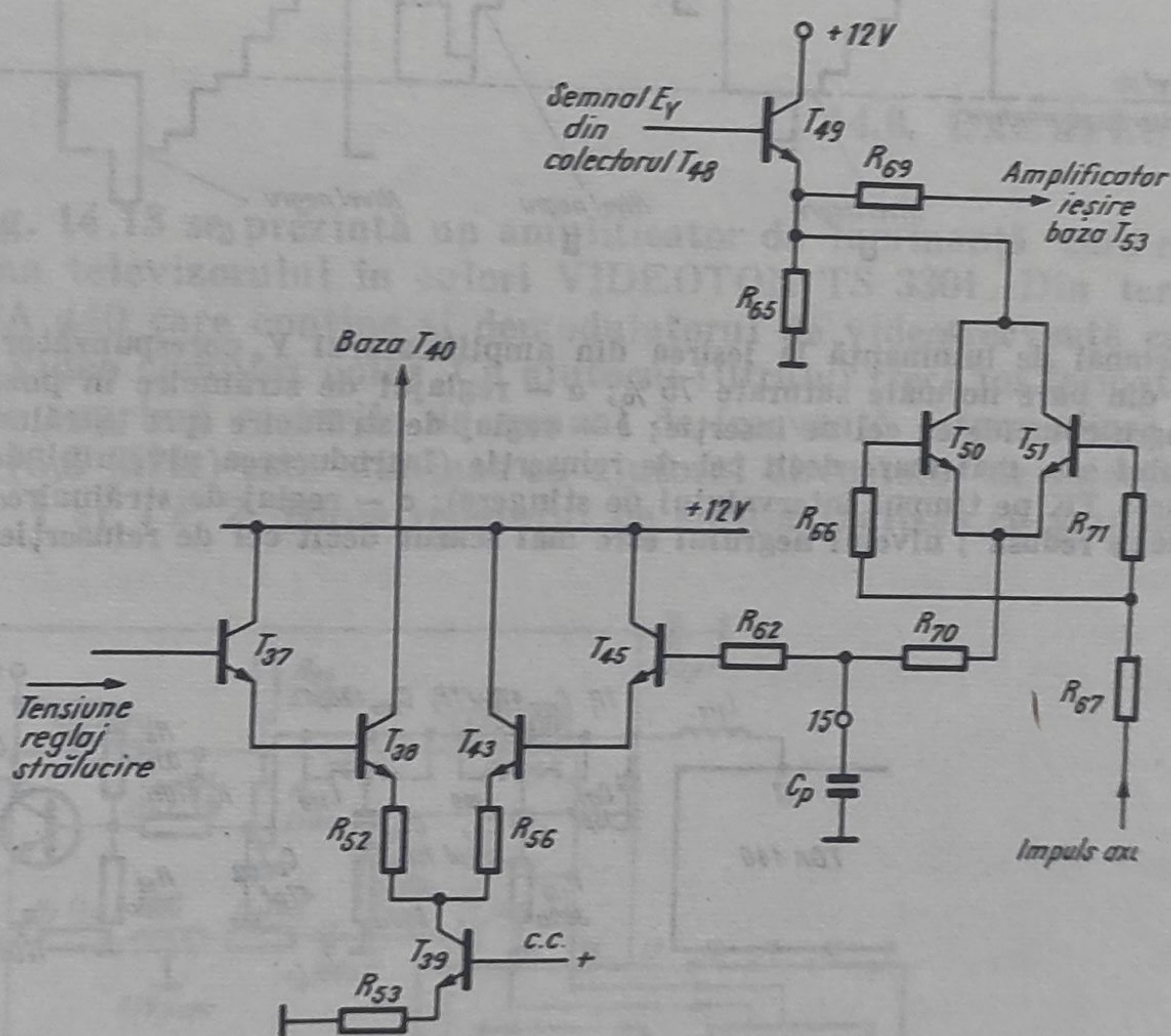


Fig. 14.11. Schema internă a CI TCA 660 (parțial) destinată axării și reglajului de strălucire.

minalul 15 al CI și furnizează „tensiunea de corecție”, necesară pentru refacerea nivelului de negru la una din intrările comparatorului, format din tranzistoarele T 37, T 38, T 43, T 45. Tensiunea de reglaj al luminozității se aplică la intrarea a doua a comparatorului.

Tensiunea de comandă, rezultată în colectorul tranzistorului T 38 se aplică în baza T 40 (fig. 14.8) și se adună cu semnalul E_Y , asigurînd astfel axarea semnalului.

14.5. ETAJUL DE IEȘIRE

Semnalul de luminanță va fi supus unei ultime amplificări, asigurate de un circuit cu impedanță de ieșire mică. De asemenea, în majoritatea circui-

telor utilizate se va efectua inserarea unui nivel constant, independent de reglajul de strălucire, numai pe durata intervalului de stingere a semnalului. Acest procedeu este necesar din următorul motiv.

Axarea comandată pe un nivel de negru reglabil, dar constant față de conținutul imaginii redată, ar atrage după sine faptul că în cazul unui reglaj în sensul strălucirii mai mari, când porțiunile negre devin gri, deci nivelul de

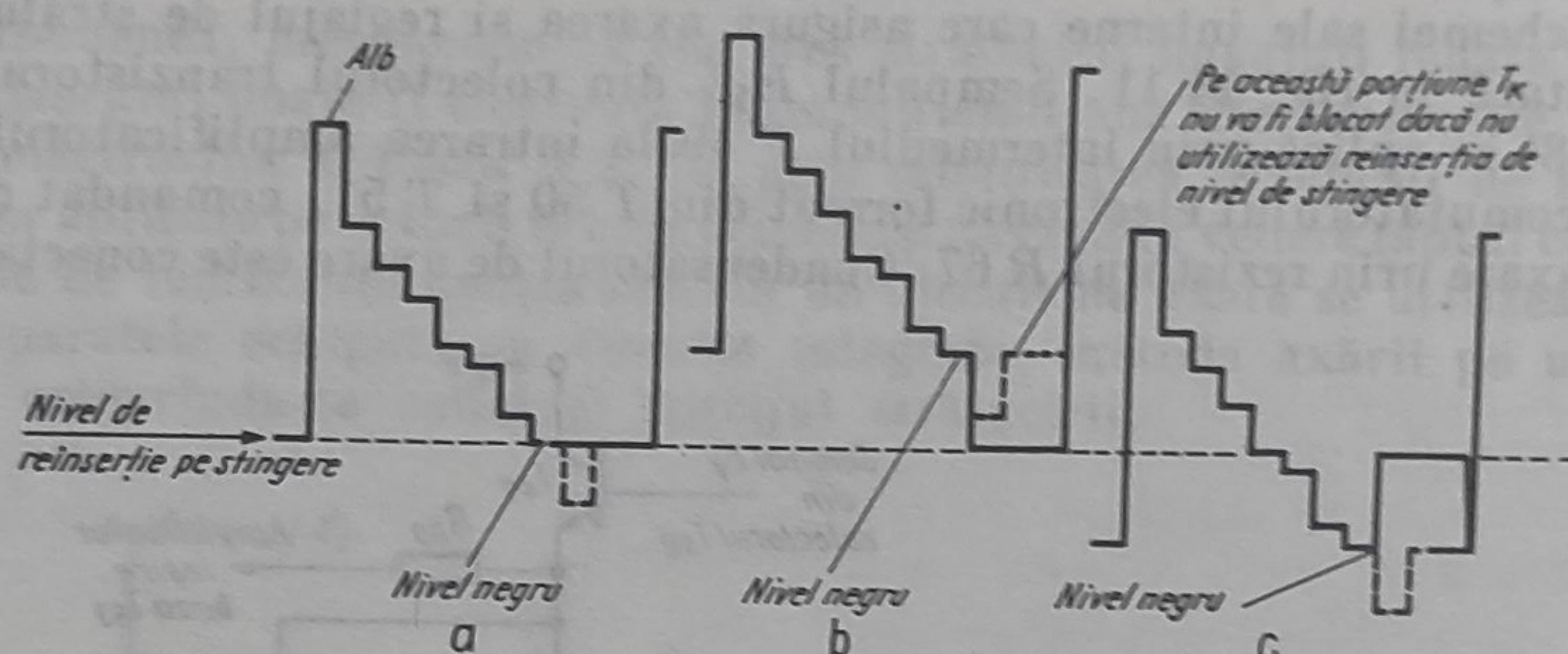


Fig. 14.12. Semnal de luminanță la ieșirea din amplificatorul Y, corespunzător unei imagini formate din bare normale saturate 75%; a – reglajul de strălucire în poziție medie, nivelul de negru coincide cu cel de inserție; b – reglaj de strălucire spre „strălucire mare”; nivelul negrului este mai mare decât cel de reinserție (Introducerea nivelului de reinserție asigură blocarea TK pe timpul intervalului de stingere); c – reglaj de strălucire spre „strălucire redusă”; nivelul negrului este mai scăzut decât cel de reinserție.

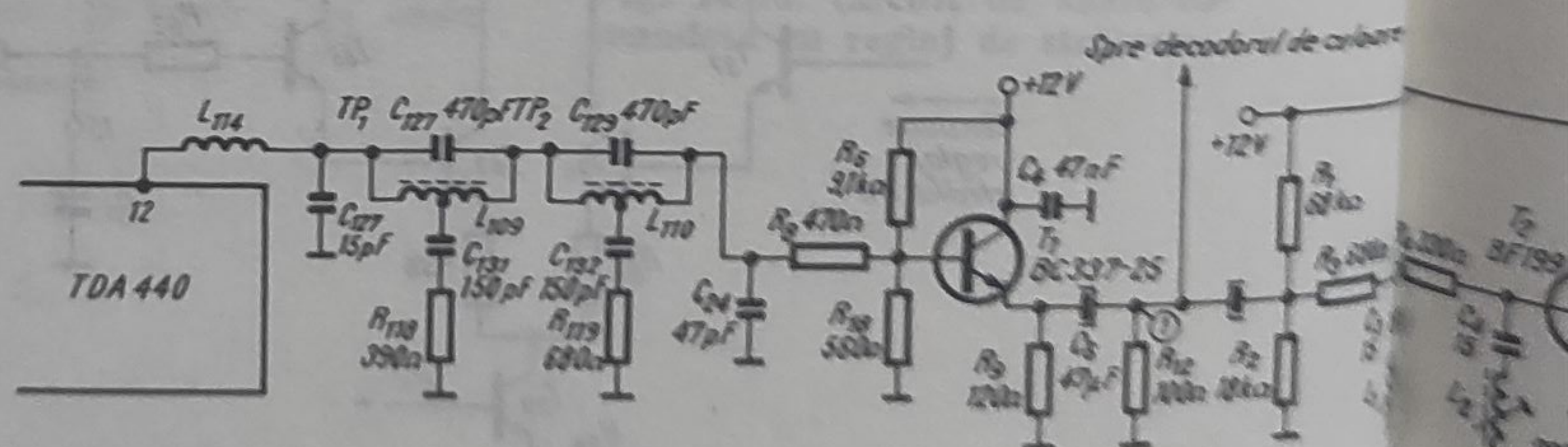


Fig. 14.13. Schemă practică de amplificator de luminanță din televiziune

negru numai asigură blocarea tubului cinescop, este posibil să se vadă pe ecran intervalele de stingere linii sau cadre ale SVCC.

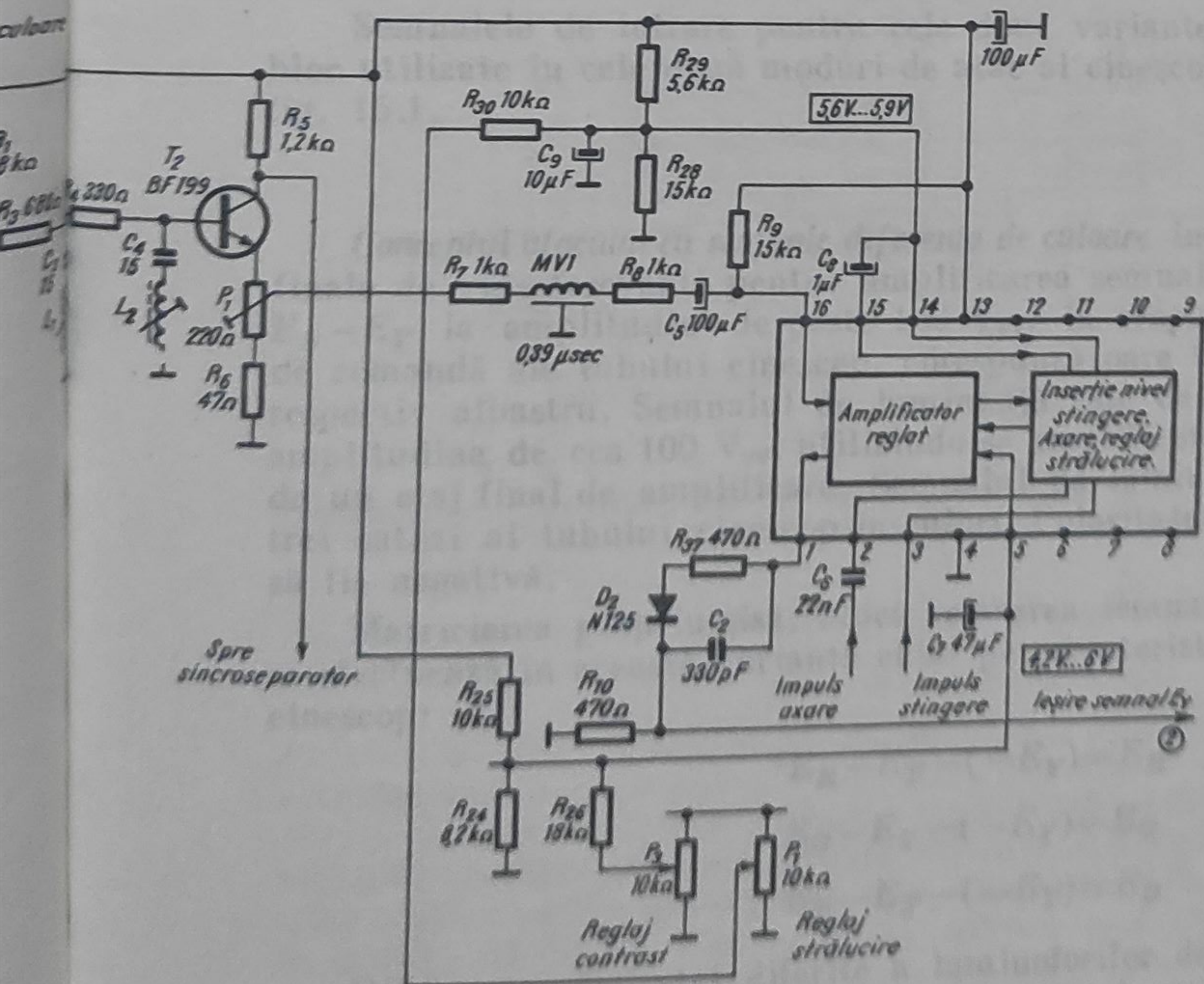
Prin urmare, fără a se modifica nivelul de negru al semnalului în partea activă a liniilor TV, nivelul din porțiunea de stingere va fi fixat la o valoare constantă, medie, în jurul căreia se va modifica nivelul de negru al semnalului reglat. De asemenea, este important ca acest nivel de inserție din intervalul de stingere să asigure blocarea tubului cinescop pe duratele corespunzătoare.

Cele descrise mai sus sînt prezentate în fig. 14.12. Cu toate că pentru fiecare

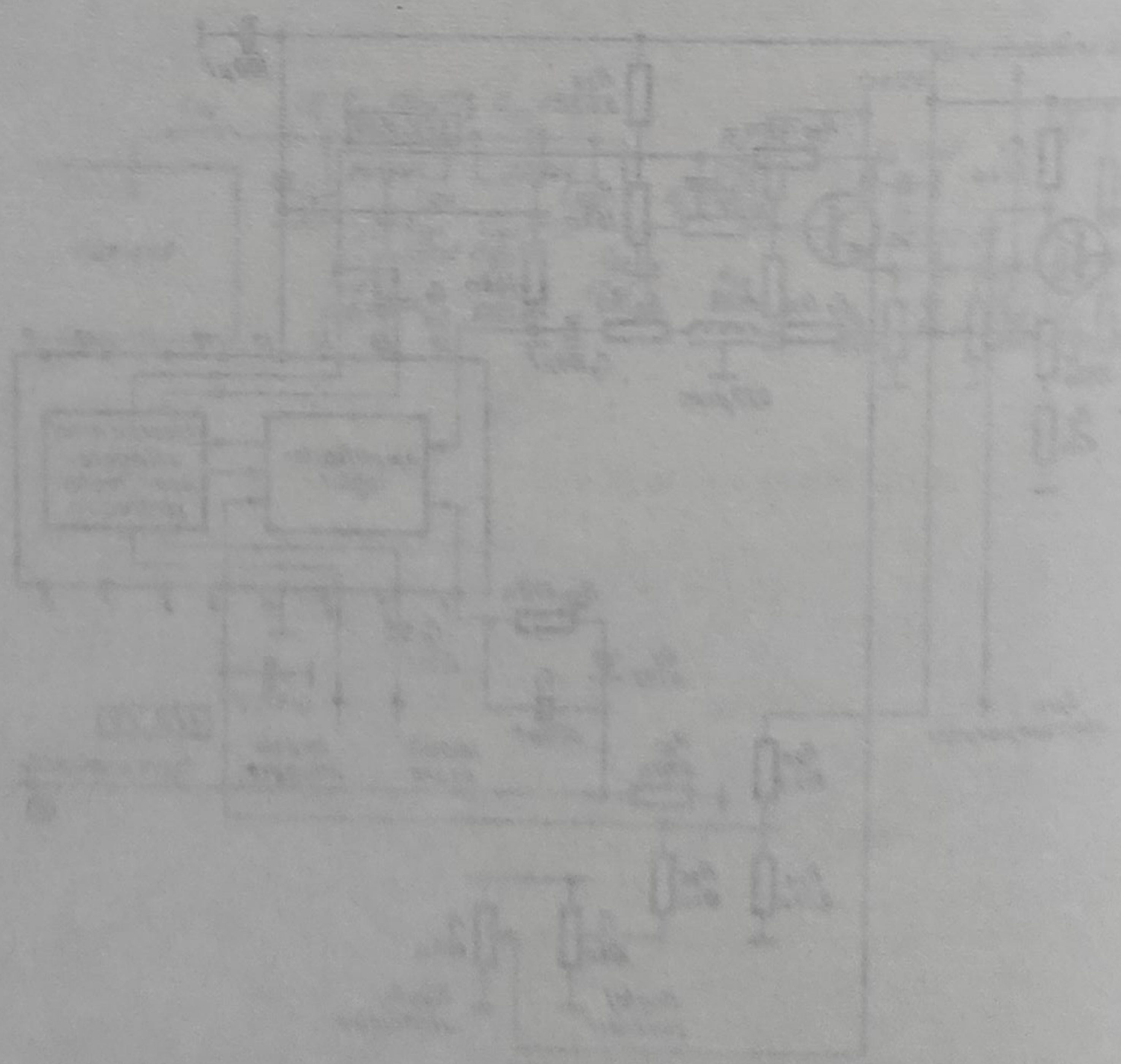
Cu toate că pentru fiecare caz analizat se reprezintă în această figură doar cîte o linie de TV se înțelege că nivelele sînt aceleași pe toate liniile, semnalele fiind axate pe nivelul de negru.

14.6. EXEMPLU PRACTIC

În fig. 14.13 se prezintă un amplificator de luminanță care este preluat din schema televizorului în culori VIDEOTON TS 3301. Din terminalul 12 al CI TDA 440 care conține și demodulatorul de videofrecvență este preluat semnalul video complex color. Cu ajutorul filtrului trece jos format din L 114 și C 27 se suprimă resturile de semnal de frecvență intermediară. Semnalul FI sunet (6,5 MHz) este eliminat cu ajutorul circuitelor de rejecție de tip T podit TP 1 și TP 2. După repetorul pe emitor realizat cu tranzistorul T 1



se transmite SVCC de $1 V_{vv}$ spre decodorul de culoare precum și spre circuitele de rejecție pentru semnalele de cromaticitate, formate din $C 3, L 1$ respectiv $C 2, L 4$. Cu ajutorul potențiometrului $P 1$ se reglează amplitudinea semnalului E_Y care urmează să fie întârziat cu $390 ns$ cu ajutorul liniei de întârziere MV 1. Din cauza faptului că impedanța de generator și cea de sarcină sînt relativ mici, adaptarea liniei de întârziere se efectuează cu $R 7$ respectiv $R 8$, a căror valoare se alege practic egală cu impedanța caracteristică a liniei: $1 K\Omega$. Reglarea amplificării și prin urmare a contrastului imaginii redată se efectuează cu potențiometrul P_3 , stabilindu-se astfel tensiunea continuă pe terminalul 5 al circuitului integrat. Axarea semnalului se efectuează conform celor descrise la 14.5, condensatorul de axare fiind $C 8 = 1 \mu F$. Se constată că în acest circuit practic, condensatorul de axare nu este conectat la masă, ci la tensiunea continuă de reglaj al strălucirii, stabilită cu ajutorul potențiometrului $P 1$ și aplicată pe terminalul 14 al CI. Semnalul E_Y iese din CI pe terminalul 1. După ce parcurge un circuit de divizare, amplitudinea și nivelul de curent continuu corespund condițiilor impuse de circuitele următoare: amplitudinea maximă este de $0,55 V_{vv}$, nivelul de stingere aflîndu-se la cca $1,5 V$.



Cum funcționează matricea RGB și etajele finale RGB

15.1. MODUL DE REALIZARE A COMENZII TUBULUI CINESCOP

Atacul tubului cinescop în culori poate fi realizat în două moduri:

— cu semnale diferență de culoare

— cu semnale E_R , E_G , E_B

Cele două concepte se deosebesc prin modul diferit în care se face prelucrarea semnalelor diferență de culoare și de luminanță și aplicarea acestora pe electrozii tubului cinescop, în scopul redării imaginii transmise.

Semnalele de intrare pentru cele două variante sînt similare, schemele bloc utilizate în cele două moduri de atac al cinescopului fiind prezentate în fig. 15.1.

Conceptul atacului cu semnale diferența de culoare include trei amplificatoare finale de videofrecvență pentru amplificarea semnalelor $E_R - E_Y$, $E_G - E_Y$ și $E_B - E_Y$ la amplitudini de peste $100 V_{vv}$, în scopul aplicării lor pe grilele de comandă ale tubului cinescop, corespunzătoare tunului de roșu, verde și respectiv albastru. Semnalul de luminanță este de asemenea amplificat la o amplitudine de cca $100 V_{vv}$, utilizîndu-se amplificatorul de luminanță urmat de un etaj final de amplificare. Semnalul de luminanță este aplicat pe cei trei catodi ai tubului cinescop în culori. Polaritatea semnalului E_Y trebuie să fie negativă.

Matricierea propriu-zisă, adică refacerea semnalelor primare de culoare se efectuează în această variantă chiar pe caracteristica de transfer a tubului cinescop:

$$E_R - E_Y - (-E_Y) = E_R$$

$$E_G - E_Y - (-E_Y) = E_G$$

$$E_B - E_Y - (-E_Y) = E_B$$

Din cauza eficienței diferite a luminoforilor de roșu, verde și albastru ai tubului cinescop, cele trei semnale diferență de culoare, precum și semnalul

E_Y aplicat pe cei trei catodi ai tubului cinescop vor avea amplitudini diferite pentru cele trei tunuri de electrozi.

Conceptul atacului cu semnale E_R, E_G, E_B se bazează pe relații matematice similare. Semnalele diferență de culoare și semnalul de luminanță sînt transformate în semnalele primare de culoare E_R, E_G, E_B cu ajutorul circuitului de matriciere.

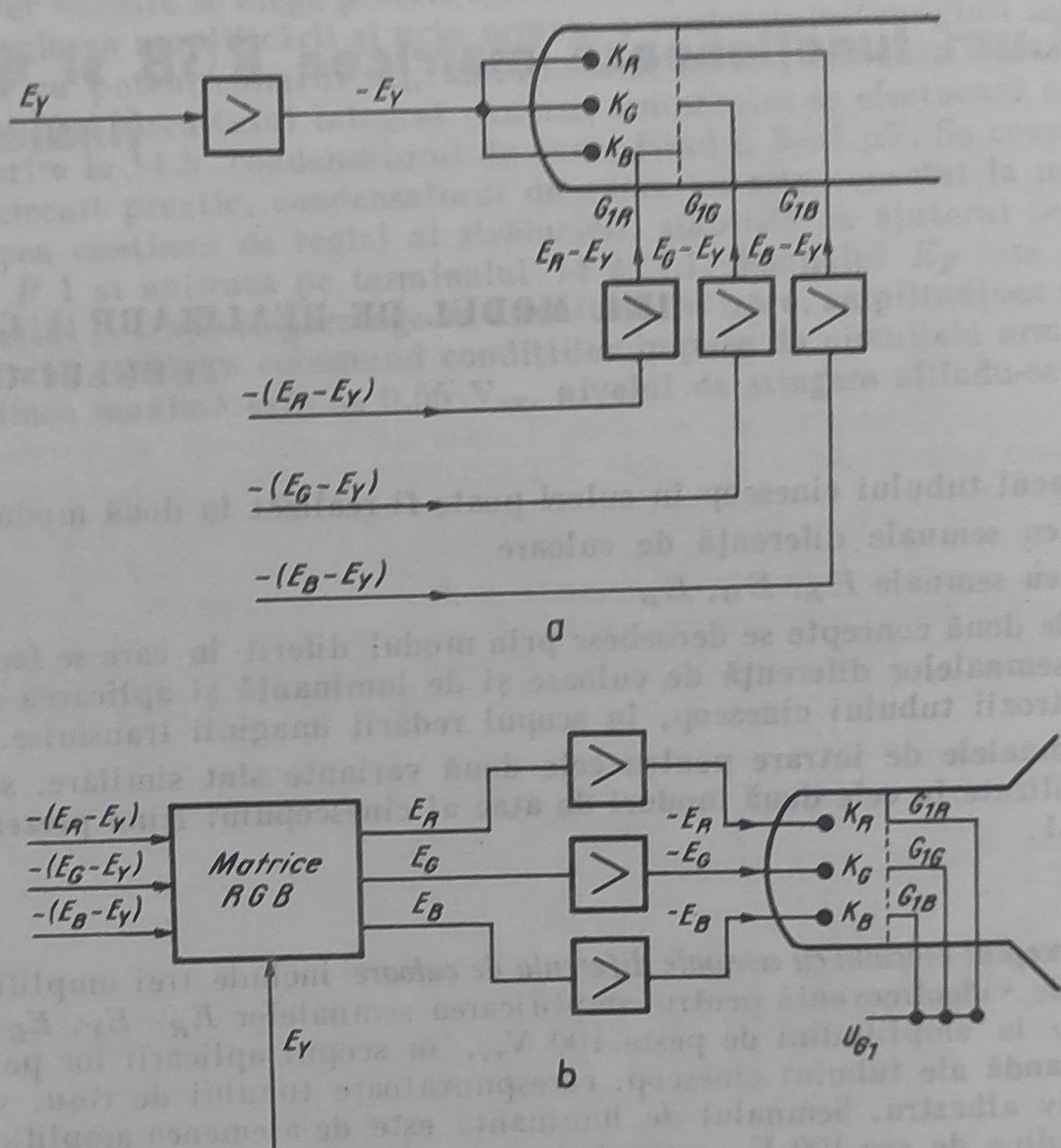


Fig. 15.1. Comanda cinescopului în culori cu semnale de videofrecvență: a — cu semnale diferență de culoare; b — cu semnale primare de culoare.

$$-(E_R - E_Y) - E_Y = -E_R$$

$$-(E_G - E_Y) - E_Y = -E_G$$

$$-(E_B - E_Y) - E_Y = -E_B$$

Prin inversare semnalele devin E_R, E_G, E_B .

În continuare semnalele E_R, E_G, E_B sînt aplicate la intrarea celor trei amplificatoare finale de videofrecvență care furnizează $-E_R, -E_G, -E_B$ la amplitudini de cca 100 V_{vv}, acestea fiind aplicate pe cei trei catodi ai tubului cinescop.

Avantajele atacului cinescopului cu semnale diferență de culoare sînt:

— nu este necesar un circuit special de matriciere în scopul obținerii semnalelor primare de culoare E_R , E_G , E_B (matricea R G B);

— nu se folosește decât un singur amplificator final de videofrecvență cu bandă largă cca 0—5 MHz, cel pentru amplificarea semnalului de luminanță, în timp ce amplificatoarele utilizate pentru semnalele diferență de culoare pot avea o bandă de frecvență mai redusă (de cca 1 MHz).

Avantajele atacului cinescopului cu semnale R, G, B sînt:

— semnalele primare sînt formate în afara tubului și pot fi măsurate cu exactitate.

— Numărul etajelor finale utilizate este mai redus.

— Amplitudinea semnalelor E_R , E_G , E_B este mai mică decât a semnalelor diferență de culoare necesare pentru comanda tubului cinescop.

— Conceptul poate fi utilizat și pentru tuburile cinescop care au grilele de comandă G_1 și grilele de accelerare G_2 comune, deoarece atacul se efectuează numai asupra catodilor. Acest ultim avantaj este motivul pentru care conceptul RGB se utilizează astăzi aproape în toate televizoarele în culori moderne, deseori echipate cu tuburi cinescop cu G_1 și G_2 comune.

15.2. PRINCIPIUL REALIZĂRII CIRCUITELOR DE COMANDĂ RGB

În capitolul 12 s-a arătat că redarea corectă a nivelului de alb și a celui de negru pe ecranul tubului cinescop este condiționată de ponderea exactă a curenților de fascicul pentru fiecare tun de electroni, precum și de coincidența

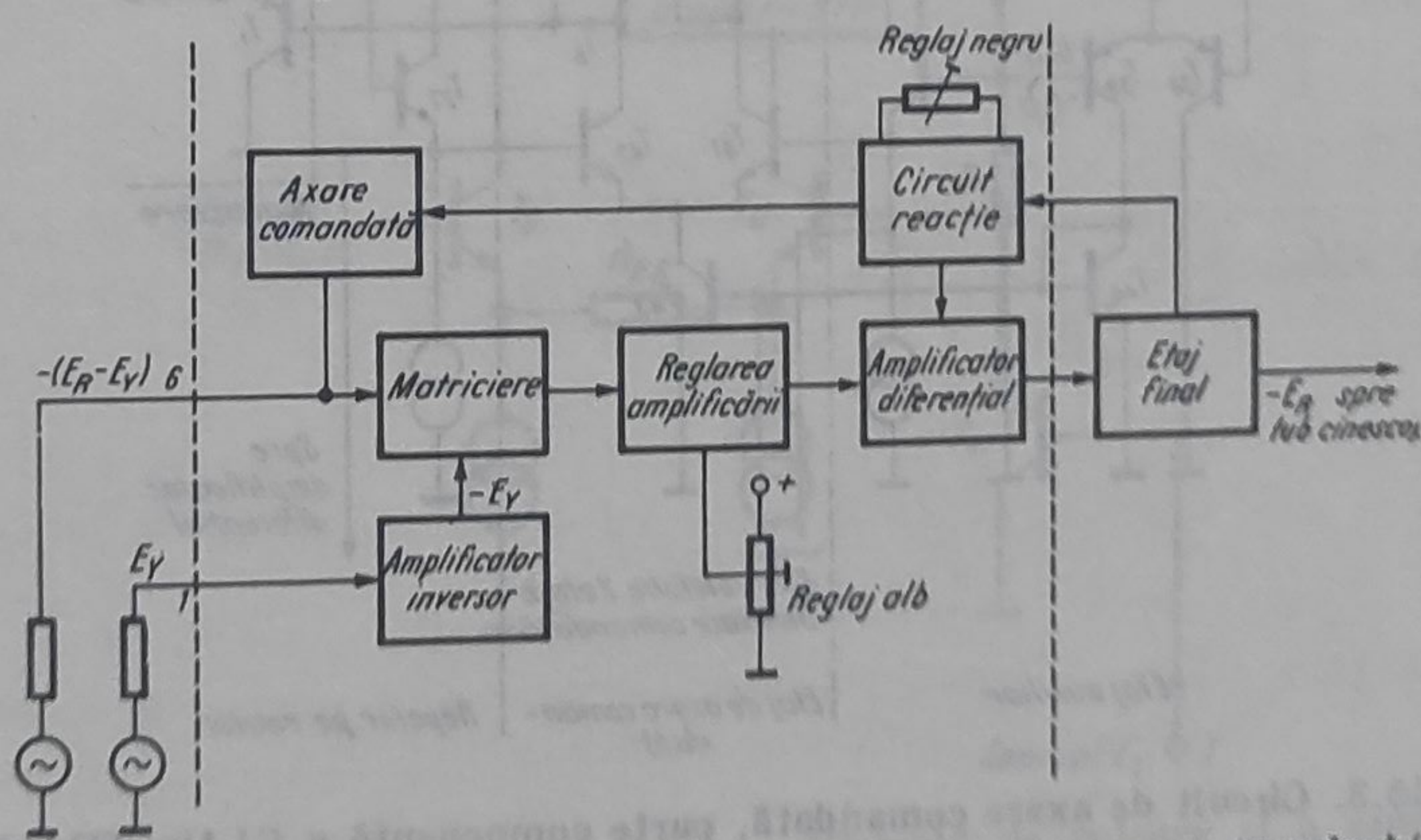


Fig. 15.2. Schema bloc a circuitelor de comandă pentru tubul cinescop în culori (calea semnalului E_R).

exactă a blocării celor trei tunuri în cazul redării negrului. Din această cauză este necesar ca matricierea RGB să fie urmată de cîte un reglaj cu ajutorul căruia se poate modifica amplificarea fiecărui etaj în mod independent față de celălalt, precum și de un reglaj al nivelului de negru, de asemenea independent față de reglajele similare prevăzute pentru celelalte două căi de amplificare (fig. 15.2).

Din cauza faptului că stabilitatea redării nivelului de negru are o importanță deosebită pentru calitatea imaginii este necesar ca semnalele diferență

de culoare să fie supuse unei axări comandate, fixându-se nivelul de stingere la o valoare reglabilă, dar stabilă, în scopul asigurării coincidenței blocării celor trei tunuri. Prin utilizarea axării comandate se compensează derivatele absolute și relative ale nivelelor de stingere. Stabilitatea este de asemenea îmbunătățită prin introducerea reglajului de negru pe un circuit de reacție care comandă nivelul de stingere fixat pentru semnalul diferență de culoare respectiv.

Circuitul de reacție asigură și o reacție fixă în regim dinamic în scopul îmbunătățirii unor parametri, ca de ex. banda la 3 dB a întregului lanț.

Ca exemplu practic prezentăm funcționarea unui montaj realizat cu circuit integrat TDA 2530.

CIRCUITUL DE AXARE COMANDATĂ

Stabilirea precisă a nivelului de stingere a semnalului se realizează prin compararea tensiunii de reacție cu o tensiune internă, de referință (Fig. 15.3). Compararea propriu zisă se realizează cu ajutorul amplificatorului diferențial T_{41} , T_{42} și a sursei comandate de curent T_{43} . Tensiunea de referință este

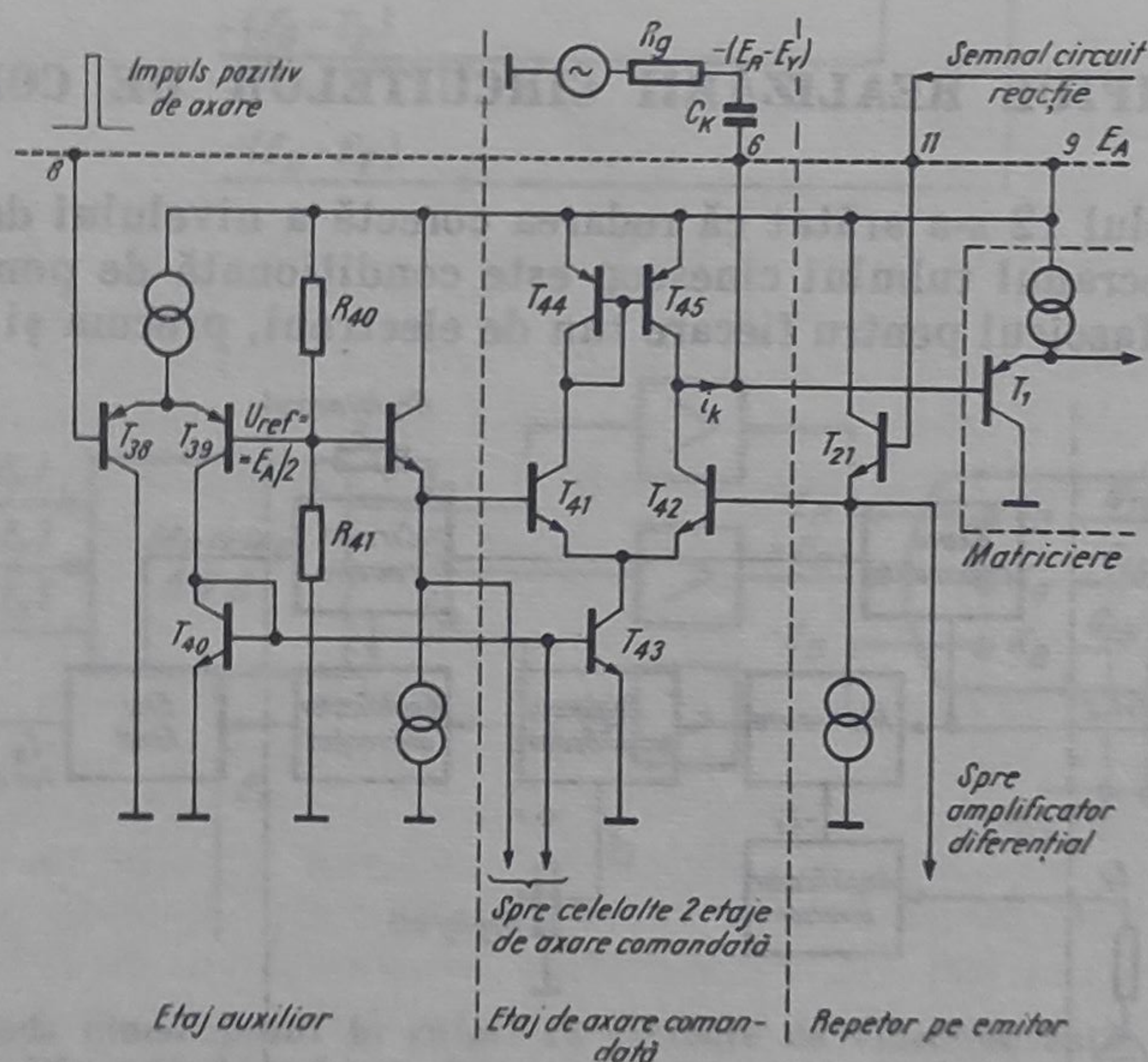


Fig. 15.3. Circuit de axare comandată, parte componentă a CI tip TDA 2530.

obținută cu ajutorul divizorului R_{40}/R_{41} și aplicată pe baza tranzistorului T_{41} prin intermediul repetorului T_{40} . Tensiune provenită din circuitul de reacție este aplicată pe baza T_2 și apoi pe baza T_{42} .

În timpul impulsurilor de axare comandată, aplicate în terminalul 8 al circuitului TDA 2530, T_{49} va fi deschis și compararea poate avea loc. Dacă tensiunea provenită din circuitul de reacție nu este egală cu cea de referință va rezulta un curent

$$i_k = i_{c41} - i_{c42}$$

diferit de zero.

Prin încărcarea sau descărcarea condensatorului de cuplaj C_k în timpul existenței impulsului de axare va apare o tensiune continuă care este în cele din urmă aplicată matricii prin intermediul tranzistorului T_1 .

În intervalul între două impulsuri consecutive T_{43} , deci și T_{42} și T_{45} sînt blocate, încărcarea condensatorului C_k efectuîndu-se doar prin curentul de bază al tranzistorului T_1 .

Apare o mică tensiune „în dinte de ferestrău” care se suprapune peste tensiunea de ieșire. În cazul alegerii judicioase a condensatorului C_k , această perturbație este nesemnificativă.

MATRICIEREA PROPRIU ZISĂ

În fig. 15.4 se prezintă circuitul simplificat, utilizat pentru formarea semnalelor primare de culoare. Tranzistoarele T_5 și T_6 formează un amplificator diferențial, căruia i se aplică semnalul diferență de culoare provenit de la circuitul de axare comandată, precum și semnalul de luminanță, aplicat pe

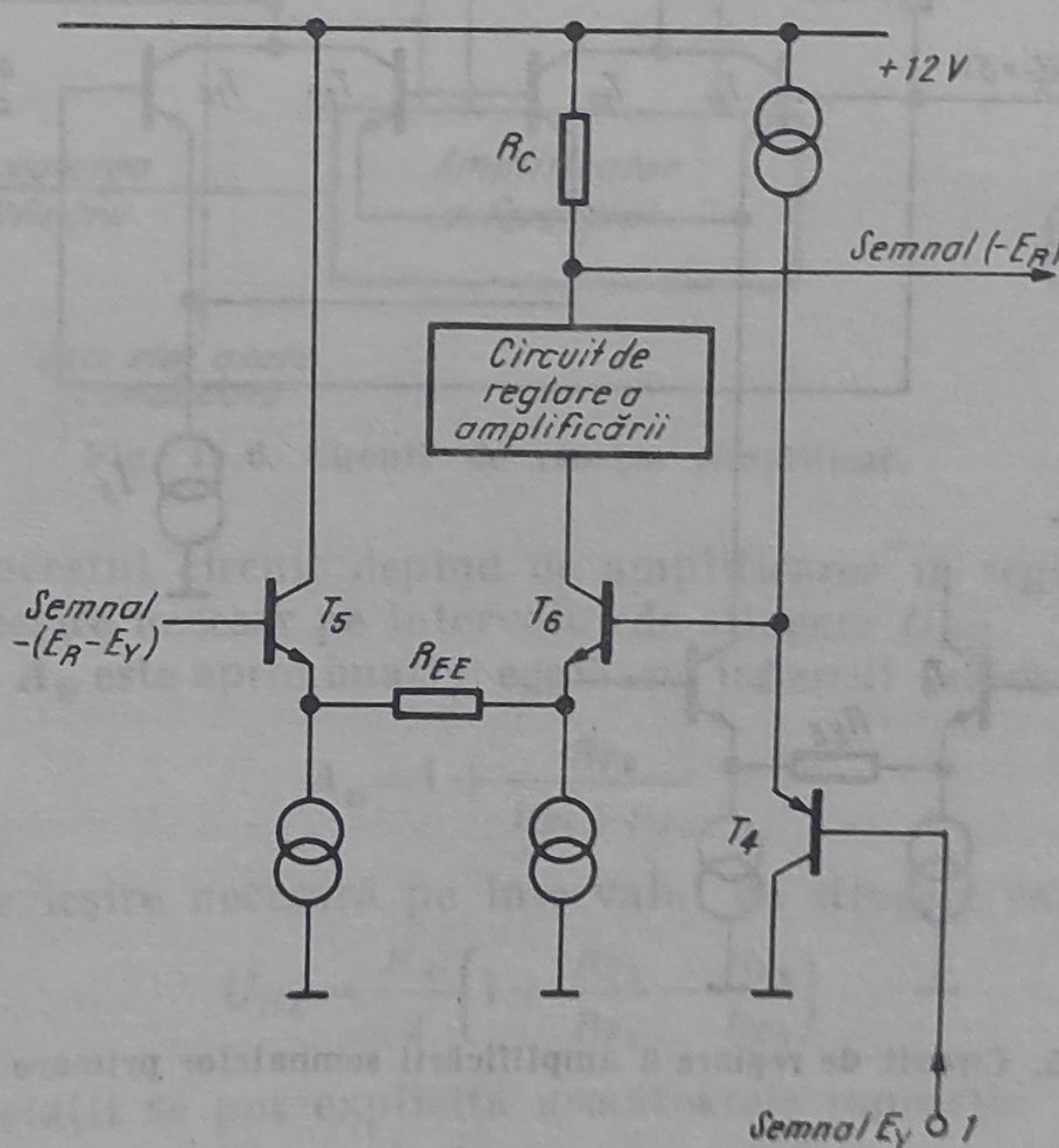


Fig. 15.4. Matricierea propriu zisă a semnalelor diferență de culoare și a semnalului de luminanță – calea semnalului E_R (CI tip TDA 2530).

terminalul 1 și transmis spre baza T_6 prin intermediul repetorului pe emitor T_4 .

Rezultatul scăderii semnalului E_Y din $-(E_R - E_Y)$ este tocmai semnalul $-E_R$ care este disponibil în colectorul tranzistorului T_6 .

Rezistența de reacție R_{EE} conectată între emitorii tranzistoarelor T_5 și T_6 determină amplificarea în tensiune a etajului diferențial, care depinde de raportul $\frac{R_C}{R_{EE}}$.

O altă particularitate a circuitelor prezentate este realizarea reglajului amplificării (fig. 15.5).

Acest etaj funcționează după principiul amplificatorului diferențial cu „cuplaj în cruce”, în care curentul produs de semnal este împărțit în 2 părți, notate cu k și $1-k$. Prin emitorii celor două tranzistoare T_{11} și T_{13} circulă curentul absorbit de tranzistorul T_6 . Deoarece T_6 aparține matricii

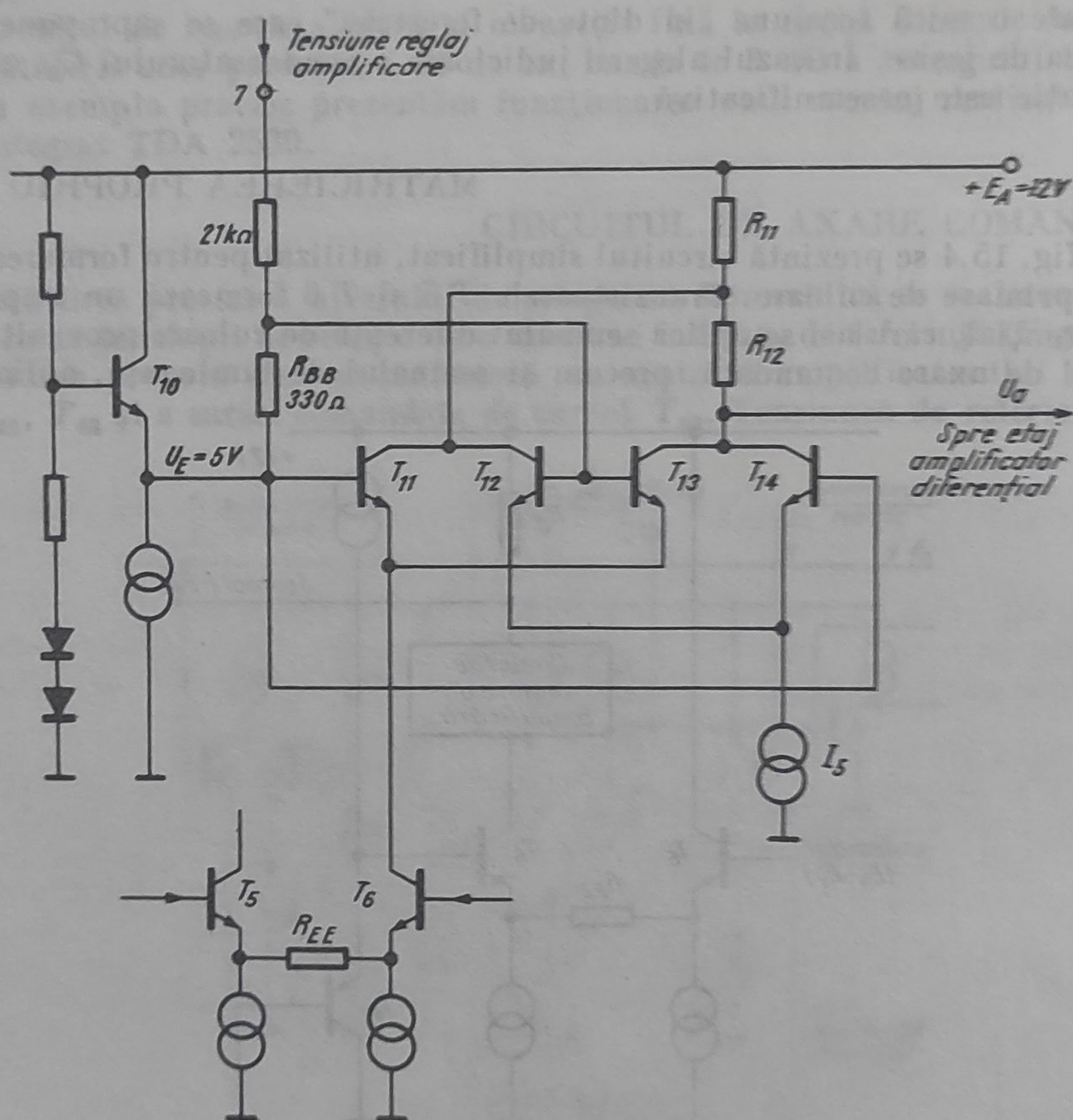


Fig. 15.5. Circuit de reglare a amplificării semnalelor primare de culoare.

propriu zise, i_{ce6} este modulat cu semnalul primar de culoare corespunzător. Pe de altă parte, curenții de emitor furnizați de T_{12} și T_{14} intră în generatorul de curent constant I_5 . Tranzistoarele T_{12} și T_{13} sunt comandate pe bază de tensiunea externă de reglaj al amplificării, în timp ce T_{11} și T_{14} sunt polarizate cu o tensiune fixă. În funcție de poziția reglajului tensiunii de comandă se va deschide perechea de tranzistoare T_{11} , T_{14} , T_{12} și T_{13} fiind blocați sau T_{12} și T_{13} T_{11} și T_{14} fiind blocați. În funcție de poziția reglajului efectuat, curentul semnalului primar de culoare furnizat de T_6 va circula ori prin T_{11} , ori prin T_{13} , ori prin ambele tranzistoare.

Deoarece $I_5 = I_{ce6}$ punctele statice de funcționare rămân constante ceea ce se traduce în ultima instanță prin faptul că reglajul punctului de alb nu va influența reglajul punctului de negru.

Se constată că i_{e11} circulă prin R_{11} iar i_{e13} circulă prin R_{11} și R_{12} . Raportul maxim realizabil între amplificarea maximă și minimă trebuie să fie de cea, ± 3 dB.

Circuitul de reacție este elementul de legătură între ieșirea etajului final și circuitul de axare comandată, respectiv amplificator diferențial, de atac al etajelor finale. În cazul utilizării unui circuit conform schemei bloc din fig. 15.6 se utilizează un circuit de reacție foarte simplu.

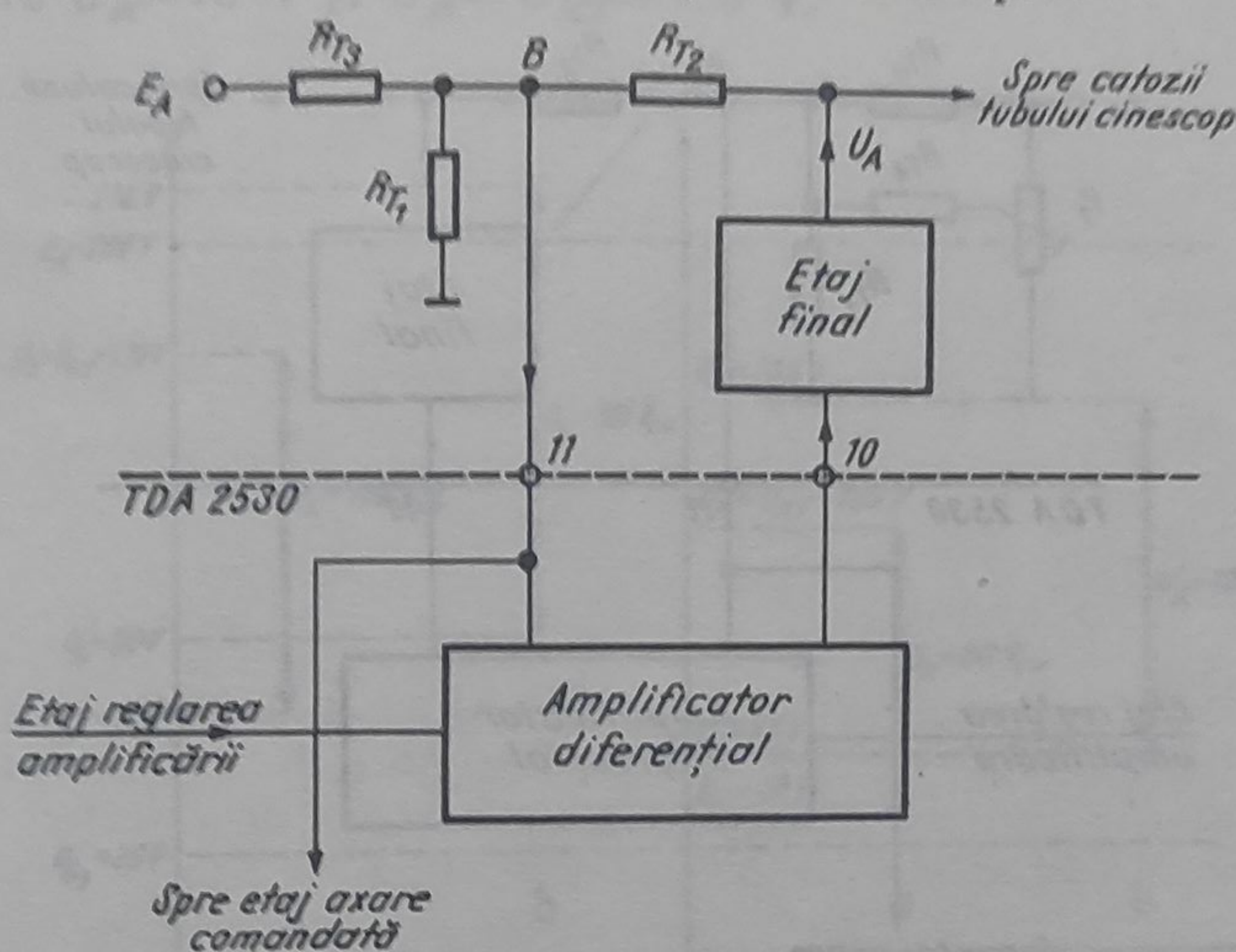


Fig. 15.6. Circuit de reacție simplificat.

Elementele acestui circuit depind de amplificarea în regim dinamic A_u și de nivelul de ieșire necesar pe intervalul de stingere U_{ST} .

Amplificarea A_u este aproximativ egală cu inversul factorului de reacție

$$A_u = 1 + \frac{R_{T2}}{R_{T1} + R_{T3}}$$

Tensiunea de ieșire necesară pe intervalul de stingere este

$$U_{ST} = \frac{E_A}{2} \left(1 + \frac{R_{T2}}{R_{T1}} - \frac{R_{T2}}{R_{T3}} \right)$$

Din aceste relații se pot explicita următoarele rapoarte:

$$\frac{R_{T1}}{R_{T2}} = \frac{1}{\frac{A_u}{2} + \frac{U_{ST}}{2 E_A} - 1}; \quad \frac{R_{T3}}{R_{T2}} = \frac{1}{\frac{A_u}{2} - \frac{U_{ST}}{E_A}}$$

Pentru a avea și posibilitatea reglării tensiunii U_{ST} pe intervalul de stingere este necesar să se utilizeze o schemă puțin schimbată (fig. 15.7).

Modificînd poziția cursorului potențiometrului P_T se variază componenta continuă a tensiunii de reacție din punctul B în jurul unei valori de mijloc. De asemenea, se poate arăta că dacă se alege raportul $\frac{P_T}{R_{T4}}$ suficient de mic, amplificarea în regim dinamic A_u nu mai depinde decît foarte puțin de valoarea tensiunii U_{ST} .

15.3. ETAJELE FINALE DE VIDEOFRECVENȚĂ RGB

În cazul televizoarelor în culori mai vechi, redarea corectă a nivelelor de negru se asigură prin translatarea caracteristicilor de transfer a cinescopului ca urmare a reglării celor trei tensiuni U_{G2R} , U_{G2G} și U_{G2B} corespunzătoare tunurilor de roșu, verde și albastru. Strălucirea imaginii poate fi reglată

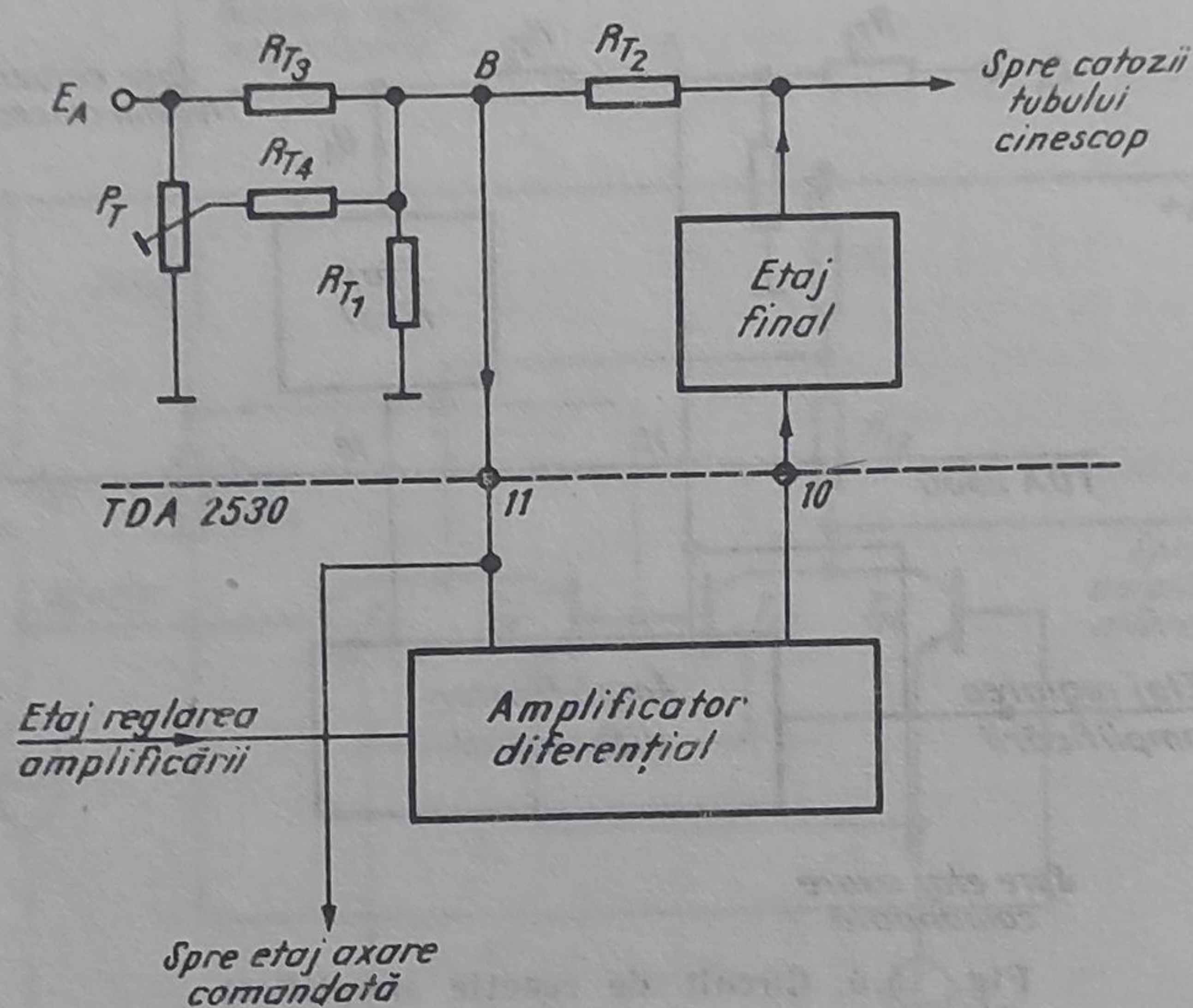


Fig. 15.7. Circuit de reacție, cu posibilitatea reglării tensiunii pe nivelul de stingere (a punctului de negru).

de către telespectator prin modificarea simultană a tensiunilor de polarizare ale celor trei grile de comandă.

Așa cum s-a arătat mai sus, precum și în cap. 12, în cazul televizoarelor în culori de fabricație recentă se efectuează reglajul de negru, reglajul de alb, cât și reglarea strălucirii imaginii redată prin intermediul căii de semnal.

Pe de o parte, utilizarea unor circuite de axare comandată în amplificatorul de luminanță și pe calea semnalelor diferență de culoare, înainte de matriciere și utilizarea unor circuite de reacție asigură o stabilitate foarte bună a nivelului de negru.

Pe de altă parte, reglajul redării corecte a negrului prin translatarea nivelelor de negru ale semnalelor de comandă a cinescopului impune condiția ca tensiunea de alimentare a etajelor finale R G B să „acopere” atât amplitudinea semnalelor primare de culoare la contrast maxim (cca $110 V_w$ pentru strălucire minimă și cca $80 V_w$ pentru strălucire maximă, din cauza acțiunii circuitului de limitare automată a curentului de fascicul), cât și diferența între tensiunea de tăiere ale tunului care se „deschide” cu tensiunea cea mai mare și a tensiunii de tăiere corespunzătoare tunului care necesită pentru apariția unui fascicul de electroni tensiunea grilă — catod cea mai mică.

În fig. 15.8 se reprezintă tensiunile de comandă pentru strălucire maximă și minimă corespunzând cu două fascicule în situații extreme, tensiunile de

lăiere ale tunurilor respective fiind diferite între ele cu 50 V, situație care apare foarte rar în practică. Fasciculul A este emis de un tun care are tensiunea de tăiere $U_t = -140\text{ V}$; tensiunea grilă — catod, necesară redării celui mai strălucitor alb realizabil este de -40 V . Prin urmare, pentru a asigura redarea (în condițiile unui reglaj de strălucire în poziția de maxim) atât a albului, cât și a negrului, este necesar ca „excursia” semnalului de comandă să fie de 100 V_{vv} între $U_A = 70\text{ V}$ și $U_N = U_{KT} = 170\text{ V}$.

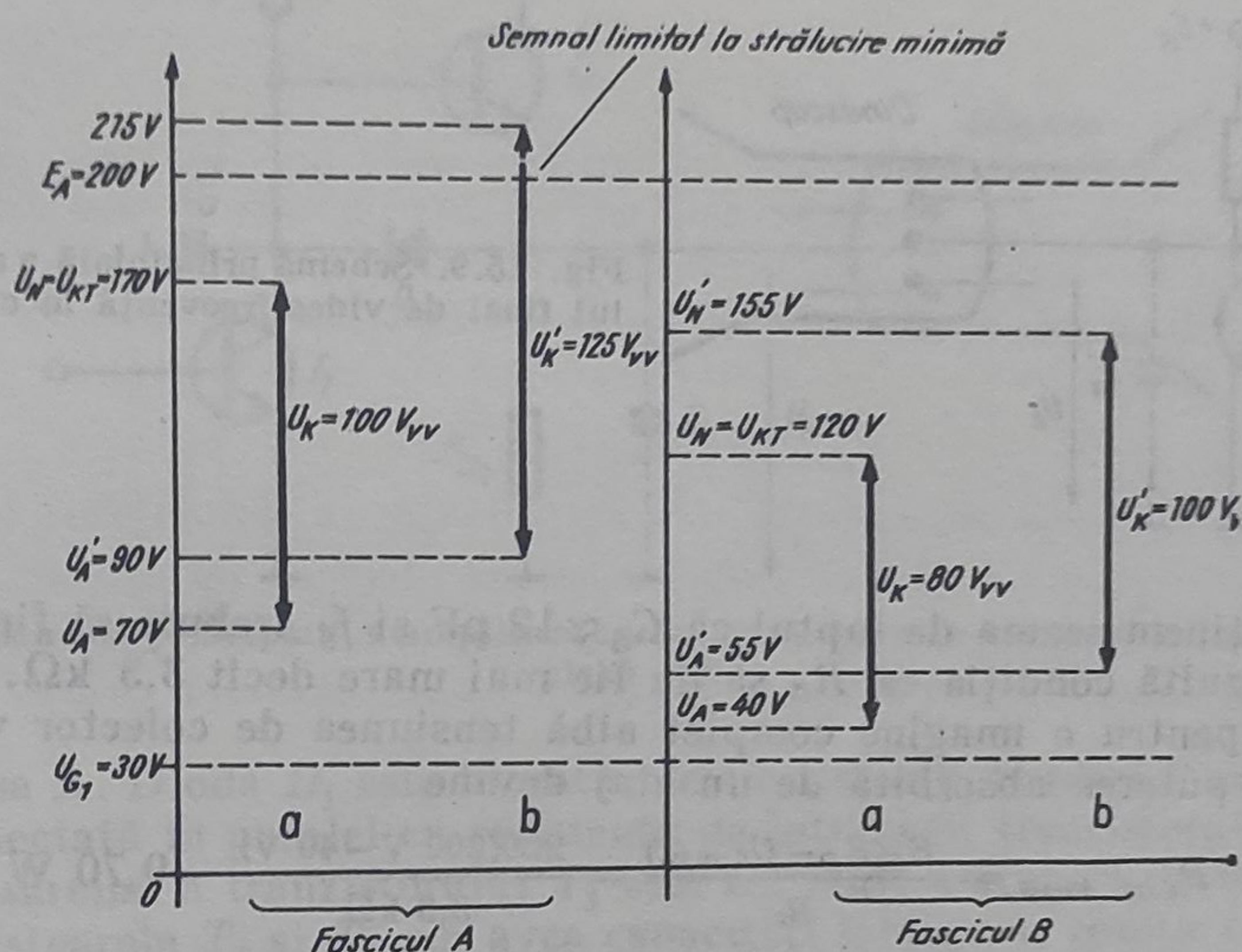


Fig. 15.8. Tensiuni și semnale de comandă pe catodul cinescopului.

- Reglajul de strălucire este în poziția de „strălucire maximă” (a) și în poziția de „strălucire minimă” (b).
- Reglajul de contrast este în poziția de contrast maxim.

Fasciculul B este emis de tunul cu o tensiune de tăiere egală $U_t = -90\text{ V}$; tensiunea grilă — catod necesară redării albului de strălucire maximă trebuie să scadă la -10 V . Semnalul de comandă de 80 V_{vv} trebuie să asigure acoperirea domeniului între $U_A = 40\text{ V}$ și $U_N = U_{KT} = 120\text{ V}$.

Pentru a nu provoca limitarea semnalelor de comandă ale tubului cinescop corespunzătoare strălucirii maxime în etajele finale de videofrecvență, este necesar ca tensiunea de alimentare să fie mai mare decât cea mai mare tensiune de catod care asigură blocarea tunului respectiv. În cazul exemplului nostru

$$E_A > (U_A + U_K)_{\max} \quad E_A > U_{KT}$$

$$E_A > 70\text{ V} + 100\text{ V}_{vv} \quad E_A > 170\text{ V}.$$

ETAJE FINALE CLASA A

Etajul final de videofrecvență cel mai cunoscut este cel în clasa A, cu sarcină pasivă (fig. 15.9). Problemele principale care se pun în cazul acestui amplificator sînt cele legate de banda de frecvență asigurată, cât și de puterea disipată de acest etaj.

Dacă notăm cu R_a rezistența de sarcină a etajului, cu C_a capacitatea echivalentă din colectorul tranzistorului final (suma capacității de ieșire a tranzistorului, a capacității de intrare a tubului cinescop și a capacității parazite a montajului) și cu f_g frecvența la care filtrul trece jos din circuitul de colector reduce semnalul cu 3 dB, rezultă

$$f_g = \frac{1}{R_a \cdot C_a \cdot 2\pi}$$

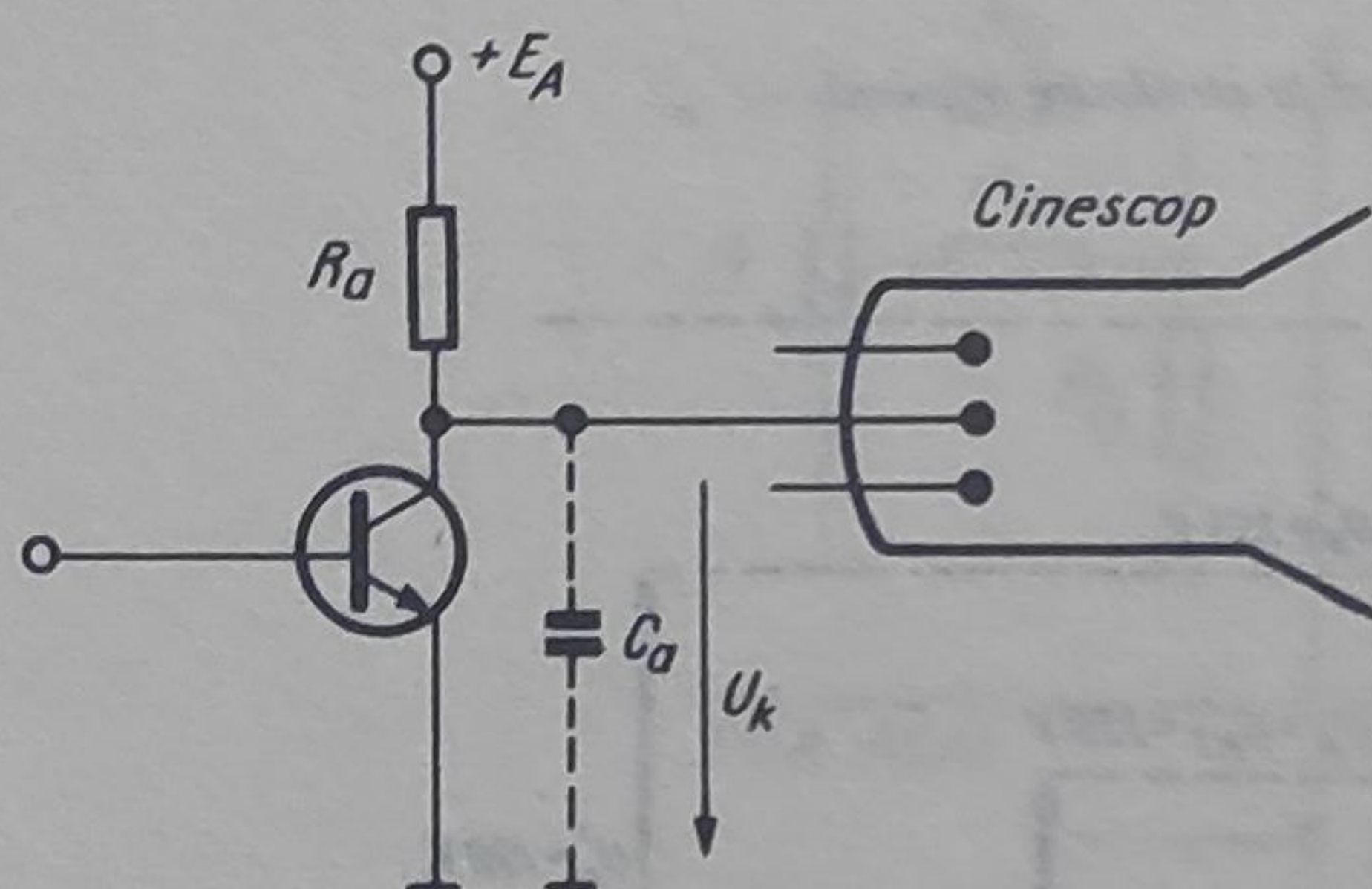


Fig. 15.9. Schemă principială a amplificatorului final de video-frecvență în clasa A.

Dacă ținem seama de faptul că $C_a \approx 12$ pF și f_g trebuie să fie de minim 4 MHz, rezultă condiția ca R_a să nu fie mai mare decât 3,3 kΩ.

Dacă pentru o imagine complet albă tensiunea de colector va scăde la cca 40 V, puterea absorbită de un etaj devine

$$P_{abs. max.} = \frac{E_A(E_A - U_{c min})}{R_c} = \frac{200(200 \text{ V} - 40 \text{ V})}{3,3 \text{ k}\Omega} = 9,70 \text{ W}$$

În această situație, puterea absorbită de cele trei etaje finale de video-frecvență devine aproape 30 W.

Puterea disipată de tranzistor este

$$P_d = U_c I_c = U_c \frac{E_A - U_c}{R_c}$$

deoarece $I_c = \frac{E_A - U_c}{R_c}$

P_d va fi maximă pentru $U_c = \frac{E_A}{2}$. Prin urmare

$$P_{d max} = \frac{E_A^2}{4R_c}$$

În cazul exemplului numeric rezultă

$$P_{d max} = \frac{200^2}{4 \times 3,3 \text{ k}\Omega} \approx 3 \text{ W}$$

Această putere este relativ mare pentru tranzistoarele existente în prezent, utilizabile ca amplificatoare finale RGB.

ETAJE FINALE RGB CU SARCINA ACTIVĂ CLASA AB

În prezent se utilizează deseori etaje finale de videofrecvență care necesită un număr ceva mai mare de componente active, asigură însă performanțe mai bune și un consum mai redus de energie.

Un astfel de amplificator final de videofrecvență este cel realizat cu „sarcină activă”, funcționând în clasă AB (fig. 15.10). Fiecare etaj de acest tip este echipat cu cîte două tranzistoare npn.

Etajul este astfel conceput încît comportarea lui diferă la frecvențe joase și frecvențe înalte. La frecvențe joase, tranzistorul T_1 funcționează ca ampli-

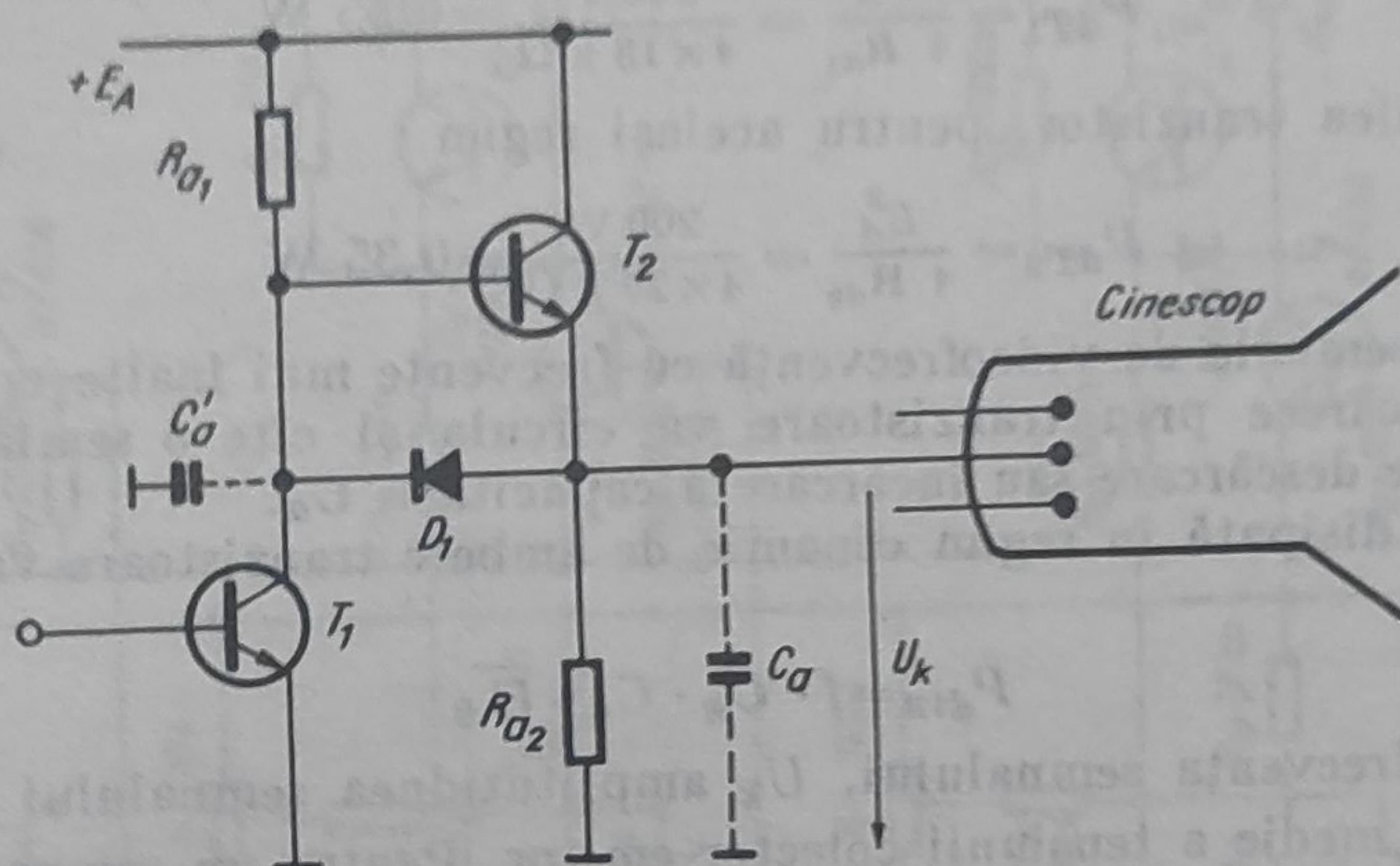


Fig. 15.10. Schema principală a amplificatorului final de video-frecvență cu sarcină activă, clasă AB.

ficator clasă A. Dioda D_1 este blocată, deci rezistența de sarcină este formată de R_{a1} conectată în paralel cu rezistența de intrare în tranzistorul T_2 . Capacitatea de sarcină a tranzistorului T_1 este C'_a , mult mai mică decît C_a .

Tranzistoarele T_1 și T_2 vor avea capacități interne de reacție foarte mici. Rezistența R_{a1} poate fi mai mare decît rezistența de sarcină R_a a amplificatorului clasă A, fără a se diminua banda de frecvență necesară. Capacitatea C_a va fi încărcată de curentul furnizat de tranzistorul T_2 , care funcționează la frecvențe joase ca un simplu repetor pe emitor, avînd prin urmare o rezistență de ieșire foarte mică.

În cazul apariției unor semnale de frecvență înaltă, cele două tranzistoare T_1 și T_2 vor funcționa în contratimp. Să presupunem că funcționarea etajului începe pe durata impulsului de stingere linii. Tranzistorul T_1 va fi blocat, T_2 este polarizat cu rezistența R_{a1} . Potențialul din emitorul tranzistorului T_2 va fi foarte apropiat de tensiunea de alimentare. Dacă apare un salt de potențial înspre valorile care produc o porțiune de gri a imaginii redată, tranzistorul T_1 începe să conducă, tensiunea din colectorul lui scade. Dioda D_1 începe să conducă, ceea ce determină ca tensiunea bază-emitor a tranzistorului T_2 să aibă chiar o valoare negativă, deci tranzistorul T_2 se blochează. Atît capacitatea C_a cît și C'_a după deschiderea diodei D_1 vor putea fi descărcate prin joncțiunea colector-emitor a tranzistorului T_1 , a cărei impedanță este acum foarte redusă.

Dacă se aplică pe baza tranzistorului T_1 un salt negativ de tensiune corespunzător unei treceri gri-negru sau alb-negru, acest tranzistor va fi blocat. Capacitatea C'_a va fi încărcată prin rezistența R_{a1} . Dioda D_1 va fi de asemenea blocată. Tranzistorul T_2 intră în saturație. Capacitatea C_a va fi încărcată prin rezistența de ieșire a tranzistorului T_2 .

Constatăm că montajul utilizat se bazează pe următorul principiu: capacitatea C_a nu trebuie să fie descărcată și încărcată prin rezistența de colector

a tranzistorului amplificator de tensiune T_1 , ci prin impedanța proprie a unuia din tranzistoarele T_1 și T_2 .

Calculăm puterea disipată maximă de primul tranzistor corespunzător regimului de funcționare la frecvențe joase

$$P_{dT1} = \frac{E_A^2}{4 R_{a1}} = \frac{200 \text{ V}^2}{4 \times 18 \text{ k} \Omega} = 0,55 \text{ W}$$

și de al doilea tranzistor, pentru același regim

$$P_{dT2} = \frac{E_A^2}{4 R_{a2}} = \frac{200 \text{ V}^2}{4 \times 27 \text{ k} \Omega} = 0,35 \text{ W}$$

Pentru semnale de videofrecvență cu frecvențe mai înalte crește puterea disipată, deoarece prin tranzistoare va circula și câte o semialternanță a curentului de descărcare sau încărcare a capacității C_a .

Puterea disipată în regim dinamic de ambele tranzistoare va fi dată de relația

$$P_{din} = f \cdot U_k \cdot C_a \cdot \overline{U_B}$$

unde f este frecvența semnalului, U_k amplitudinea semnalului la ieșire și $\overline{U_B}$ valoarea medie a tensiunii colector-emitor. Pentru un semnal sinusoidal de 5 MHz, $C_a = 15 \text{ pF}$, $U_k = 100 \text{ V}$ și $\overline{U_B} = 105 \text{ V}$ rezultă $P_{din} = 0,78 \text{ W}$.

În consecință rezultă puterea maximă totală disipată pentru cele două tranzistoare

$$P_{tot T1} = P_{dT1} + \frac{P_{din}}{2} = 0,55 \text{ W} + \frac{0,78 \text{ W}}{2} = 0,94 \text{ W}$$

$$P_{tot T2} = P_{dT2} + \frac{P_{din}}{2} = 0,35 \text{ W} + \frac{0,78 \text{ W}}{2} = 0,74 \text{ W}.$$

Aceste puteri reprezintă valori maxime, teoretice, deoarece în practică nu se va transmite niciodată un semnal care să se afle la limita benzii de frecvență și să aibă amplitudinea maximă. Totuși se constată că fiecare putere este mult mai mică decât puterea disipată de tranzistorul utilizat în amplificatorul final de videofrecvență, clasa A.

15.4. EXEMPLU PRACTIC

În cele ce urmează se va descrie matricea RGB și etajele finale RGB utilizate în televizorul „VIDEOTON TS 3301”. Schema este prezentată în fig. 15.11.

Semnalele diferență de culoare $-(E_R - E_Y)$, $-(E_G - E_Y)$ și $-(E_B - E_Y)$ sînt furnizate de CI tip MCA 660 (cap. 13.3, fig. 13.41) avînd amplitudinile de $1,3 \text{ V}_{vv}$, $0,7 \text{ V}_{vv}$ și respectiv $1,6 \text{ V}_{vv}$ și sînt aplicate la terminalele 6,2 și respectiv 4 a circuitului integrat TDA 2530.

Semnalul de luminanță E_Y , provenit tot de la MCA 660 (cap. 14.6, fig. 14.13), de amplitudine $0,55 \text{ V}_{vv}$ se aplică în terminalul 1 al CI TDA 2530. Impulsurile de „întoarcere linii” se aplică în terminalul 8 și sînt utilizate pentru axarea comandată care se realizează conform celor descrise la 15.2. O diodă Zener de 10 V , conectată în terminalul 8 va reduce și stabiliza amplitudinea acestor impulsuri la 10 V_{vv} pentru a evita pericolul distrugerii

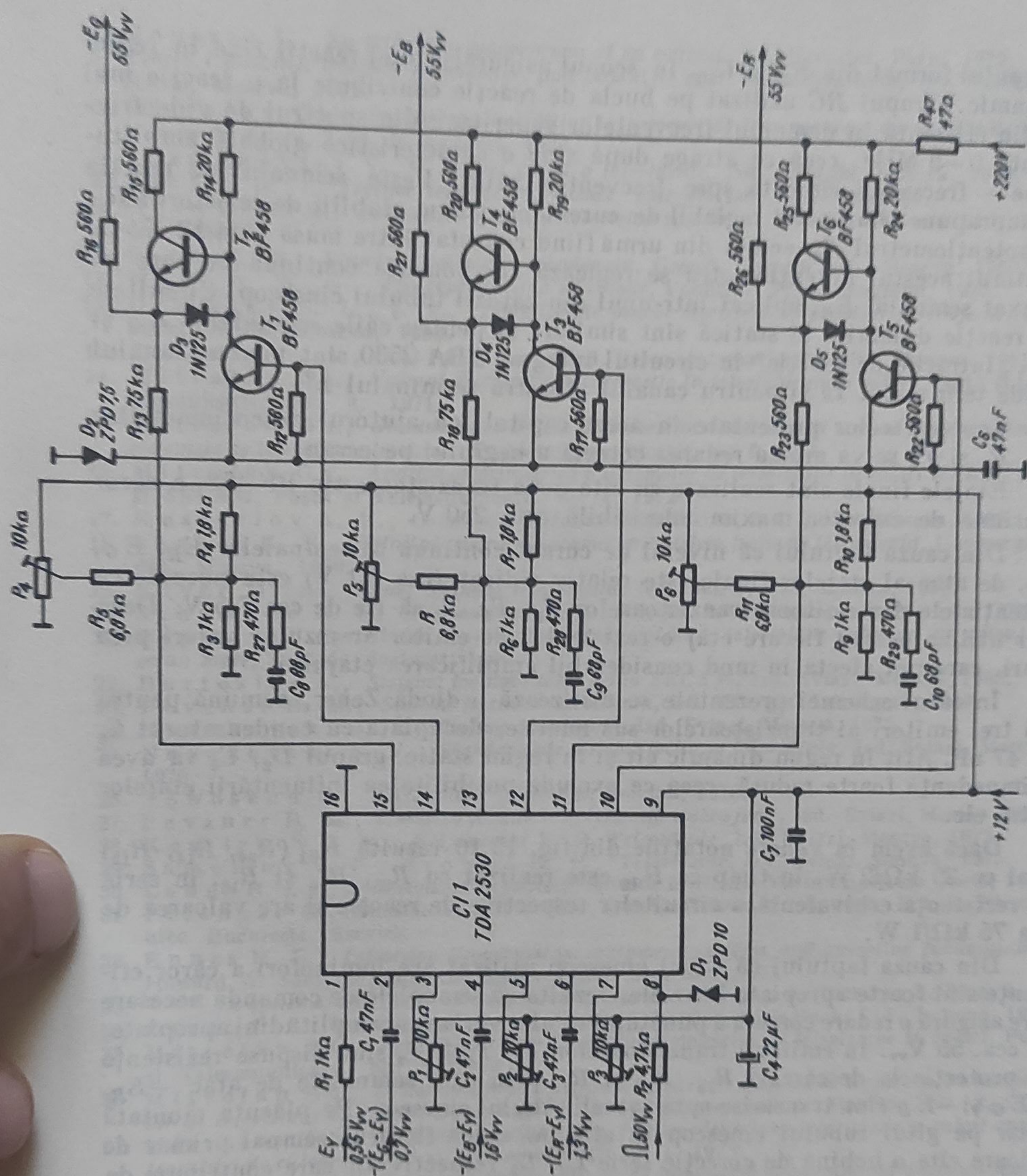


Fig. 15.11. Schema practică de matrice și etaje finale RGB (TV în culori VIDEOTON TS 3301)

circuitului integrat. În terminalele 7, 3 și 5 sînt dispuși potențimetri semi-reglabili cu care se poate regla o polarizare de 0 ... 12 V. Astfel se ajustează de fapt amplificarea căilor roșu, verde și albastru în scopul redării corecte a albului pe ecran.

Semnalele E_R , E_G și E_B de la ieșirile matricei (terminalele 10, 12, 14 ale CI TBA 2530) se aplică în bazele tranzistoarelor T_6 , T_1 , și T_3 care fac parte din amplificatoarele finale RGB cu sarcină activă.

Se constată că circuitul de reacție realizat pe calea semnalului E_R divide semnalul de ieșire din emitorul T_6 cu ajutorul rezistoarelor R_9 și R_{10} și a

grupului format din R_{20} și C_{10} în scopul asigurării unei reacții fixe în regim dinamic. Grupul RC utilizat pe bucla de reacție contribuie la o reacție mai puțin eficientă în domeniul frecvențelor superioare din spectrul de videofrecvență 0–5 MHz, ceea ce atrage după sine o caracteristică globală amplitudine – frecvență ridicată spre frecvențe înalte. Peste semnalul de reacție se suprapune și un nivel reglabil de curent continuu, stabilit de rezistorul R_{11} și potențiometrul P_6 , acesta din urmă fiind conectat între masă și +12 V. Cu ajutorul acestui potențiometru se reglează componenta continuă pe care va fi axat semnalul E_R , aplicat într-unul din catodii tubului cinescop. Circuitele de reacție dinamică și statică sînt similare și pentru căile semnalelor E_G și E_B . „Intrările de reacție” în circuitul integrat TBA 2530 sînt pentru canalul verde terminalul 15 și pentru canalul albastru terminalul 13.

Conform celor prezentate în acest capitol, cu ajutorul potențiometrilor P_6 , P_4 și P_5 se va ajusta redarea corectă a negrului pe ecran.

Etajele finale sînt realizate cu cîte două tranzistoare tip BF 458, a căror tensiune de colector maxim admisibilă este 250 V.

Din cauza faptului că nivelul de curent continuu al semnalelor E_R , E_G , E_B , de atac al etajelor finale este relativ ridicat (cca 8,1 V) este necesar ca potențialele din emitorii tranzistoarelor T_5 , T_1 , T_3 să fie de cca 7,5 V. Dacă s-ar utiliza pentru fiecare etaj o rezistență de emitor ar rezulta valori prea mari, care pot afecta în mod considerabil amplificarea etajului.

În cazul schemei prezentate se utilizează o diodă Zener, comună pentru cei trei emitori ai tranzistoarelor sus numite, decuplată cu condensatorul C_6 de 47 nF. Atît în regim dinamic cît și în regim static, grupul D_2 , C_6 va avea o impedanță foarte redusă, ceea ce exclude posibilitatea influențării etajelor între ele.

Dacă avem în vedere notațiile din fig. 15.10 rezultă R_{a1} (R_{24} , R_{14} , R_{19}) egal cu 20 k Ω /2 W, în timp ce R_{a2} este realizat cu R_{23} , R_{13} și R_{18} , în serie cu rezistența echivalentă a circuitelor respective de reacție și are valoarea de cca 75 k Ω /1 W.

Din cauza faptului că tubul cinescop utilizat are luminofori a căror eficiențe sînt foarte apropiate între ele, rezultă că semnalele de comandă necesare care asigură o redare corectă a punctului de alb vor avea amplitudini apropiate, de cca. 55 V_{vv}. În emitorii tranzistoarelor T_5 , T_4 și T_2 sînt dispuse rezistențe de protecție la descărcări R_{26} , R_{16} și R_{21} prin care semnalele de atac $-E_R$, $-E_G$ și $-E_B$ sînt transmise spre catodii tubului cinescop. Pe plăcuța montată chiar pe gîtul tubului cinescop se află pe calea fiecărui semnal primar de culoare cîte o bobină de corecție serie L_3 , L_2 respectiv L_1 care contribuie de asemenea la favorizarea frecvențelor înalte ale spectrului de frecvență a semnalelor amplificate, în scopul asigurării unei clarități foarte bune a imaginii redată pe ecran.

BIBLIOGRAFIE

1. Raymond G., *Tehnica televiziunii în culori*, Editura Tehnică București, 1971.
2. Zvorykin V. K., Morton G. A., *Televiziune*, Izd. Inostranaya literatura Moscva, 1956.
3. Stanciu N., Bubulac L., *Tehnica televiziunii în alb-negru*, Ed. Tehnică, București, 1965.

4. Goussot L., *La télévision monochrome et en couleur*, Ed. Eyrolles, Paris, 1972.
5. *Teoria i praktika tsvetnogo teledeniia*, pod redakției prof. P. V. Șmocova, Izd. Sovetskoe Radio, Moscova, 1962.
6. Mitrofan Gh., *Studiul perturbațiilor în procesul de transcodare a semnalelor de televiziune în culori*, Teză de doctorat, 1973.
7. Zusanovici V. M., *Svet i tsvet v teledenii*, Izd. Energia, Moscova, 1964.
8. Bialic G. I. *Tsvetnoe teledenie*, Gosud. Energia Izd., Moscova, 1960.
9. Reed C. R. G., *Principles of colour television systems*, I. Pitman and sons Ltd., London, 1969.
10. Fink G. D., *Standard tsvetnogo teledeniia*, Gosud. Energia Izd., Moscova, 1960.
11. Hunt R. W. G., *The reproduction of colour*, Fountain Press, England, 1975.
12. Orlovski E. L., ș. a., *Teoreticheskie osnovy elektriceskoi peredaci izobrajenii*, Izd. Sovet Radio, Moscova, 1962.
13. Saronov V. V., *Svet i tsvet*, Gosud Izd. fizico-matematiceskoi lit., Moscova, 1961.
14. Mitrofan Gh., *Noțiuni de colorimetrie folosite în televiziunea în culori*, Poștă și telecomunicații, Nr. 4, 1971.
15. Mitrofan Gh., *Studiul colorimetric al proceselor de analiză și sinteză a imaginilor în sistemele de televiziune în culori*, Poștă telecomunicații, Nr. 6, 1971.
16. Mitrofan Gh., *Analiza colorimetrică a sistemelor de televiziune în culori PAL, NTSC și SECAM*, Poștă și Telecomunicații, nr. 1, 1972.
17. Kustariov A. K., *Colorimetria tsvetnogo teledeniia*, Izd. Sviazi, Moscova, 1967.
18. Saghies K. K., *Prințipi postroenia sovmetimih sistem tsvetnogo teledeniia*, Gosenergoizdat, Moscova, 1959.
19. Kiver M. S., *Osnovy tsvetnogo teledeniia*, Izd. inostr. lit., Moscova, 1957.
20. Sahamaev N. M., *Fiziceskie osnovy teledeniia*, Izd. Prosvesceniie, Moscova, 1970.
21. Pop Alex., *Contribuție la elaborarea unui sistem de televiziune policrom cu afișaj pe ecran mare*, Teză de doctorat, 1980.
22. Bartosiac A., *Sistema tsvetnogo teledeniia SECAM*, Izd. Sviazi, Moscova, 1968.
23. Pevzner B. M., *Sistemy tsvetnogo teledeniia*, Izd. Energia, Leningrad, 1969.
24. Navakovski S. V., *Tsvetnoe teledenie*, Izd. Sviazi, Moscova, 1975.
25. Novakovski S. V., *Standartionie sistemy tsvetnogo teledeniia*, Izd. Sviazi, Moscova, 1976.
26. Townsend B., *PAL colour television*, London, 1970.
27. Pevzner B. M., *Kachestvo tsvetnih televizionnih izobrajenii*, Izd. Sviazi, Moscova, 1980.
28. Kostirkov I. V., Krijanovski V. D. *Teledenie*, Izd. Sviazi, Moscova, 1972.
29. Samoilov V. F., Hromoi B. P., *Teledenie*, Izd. Sviazi, Moscova, 1975.
30. Cahen R. ș. a., *La television en couleur*, Sofrade Editeurs, Masson Editeurs, Paris, 1967.
31. Pflanzner G., *Introducere în TV color*, Buletin Tehnic Nr. 8, 1980, I. I. S. Electronica București, Service.
32. Ennes H. E., *Television Broadcasting: equipment, systems, and operating fundamentals*, Howard W. Sons Co., Inc. the Bobbs-Merrill Co., Inc., 1971.
33. * * * *Le systeme SECAM de télévision en couleur*, Campagnie Francaise de Télévision.
34. Carnt P. S., Townsend G. B., *Colour Television*, Iliffe Books Ltd., London, 1961.
35. Mitrofan Gh., *Particularitățile spectrului semnalului de televiziune în culori*, Poștă și Telecomunicații, Nr. 5, 1972.
36. Mitrofan Gh., *Distorsiunile de tip „Cross-colour” în procesul de transcodare a semnalelor de televiziune în culori*, Buletinul Tehnic al Radioteleviziunii Române, Nr. 2, 1972.
37. Mitrofan Gh., *Influența canalului de j. ș. din codoarele de televiziune în culori asupra tranziției de culoare*, Poștă și Telecomunicații Nr. 1, 1973.
38. Mitrofan Gh., *Separarea componentelor de luminanță și crominanță dintr-un semnal complet de culoare cu ajutorul tehnicii filtrului pieptene*, Poștă și Telecomunicații, Nr. 3, 1973.
39. Mitrofan Gh., *Zgomotul de fluctuații în sistemul de televiziune în culori SECAM*, Buletinul Tehnic al Radioteleviziunii Române, Nr. 3, 1973.
40. Mitrofan Gh., *„La structure de bruit dans le systeme de télévision en couleur SECAM*, L'onde Electrique, Nr. 4, 1976.
41. Mitrofan Gh., *„Cu privire la spectrul energetic al semnalului de crominanță SECAM*, Transporturi și Telecomunicații, Nr. 2, 1974.
42. Ion Dima ș. a., *Dictionar de fizică*, Ed. enciclopedică română, București, 1972.
43. Stanciu N. ș. a., *Dictionar tehnice de radio și televiziune*, Ed. științifică și enciclopedică, București, 1975.
44. Stanciu N. ș. a. *Tehnica imaginii în televiziune și cinematografe*, Ed. Tehnică, București, 1971.

45. Novakovskii S. V., *Opredelenie kolorimetricheskikh koefitsientov dle standartnoi sistemy (vetnovo televidenia, prineotol v SSSR, Tehnica Kino i Televidenia, Nr. 5, 1978.*
46. Kustoriov A. K. ș. a., *Rasciot optimalnoi matrisi (vetokorektsia dlea TV kameri, Tehnica Kino i Televidenia, Nr. 9, 1977.*
47. Coleman H. W., *Color television*, Hastings House, New York, 1968.
48. Mitrofan Gh., Mityko Gh., Arie C., *Depanarea aparaturii de studio*, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1971.
49. Middleton G. R., *Color — TV Waveform Analysis*, Howard W Sames and Co., New-York, 1970.
50. Mitrofan Gh., *Analiza și sinteza imaginilor TV color în lumina standardului colorimetric european*, Buletinul Tehnic al Radioteleviziunii Române, Nr. 2, 1982.
51. Cartianu Gh. — *Analiza și sinteza circuitelor electrice* — Editura didactică și pedagogică, București, 1971.
52. Cartianu, Gh., M. Săvescu, Constantin I., Stanomir D. — *Semnale, circuite și sisteme* — Editura didactică și pedagogică, București, 1980.
53. Möhring F. — *PAL — Farbfernsehtechnik* — C. F. Winter'sche Verlagshandlung Braunschweig, 1968.
54. Schlesier H. — *SECAM Farbfernsehempfang* — VEB Verlag Technik Berlin, 1972.
55. Pflanzner, G. — Buletin tehnic nr. 9, cap. 3: „*Componente și circuite pentru TV color*” — I. I. S. Electronica București, Service, 1981.
56. * * * — *Farbfernsehtechnik I* — Telefunken Fachbuch — Ulm/Donau, 1967.
57. Damachi, E., Dănilă, Th., *Amplificatoare și detectoare de videofrecvență* — Editura tehnică — București, 1969.
58. Vătășescu, A., Bodea M., ș. a. — *Circuite integrate liniare; Manual de utilizare*, vol. I — Editura tehnică, București, 1979.
59. Vătășescu, A., Bodea M. ș. a. — *Circuite integrate liniare, Manual de utilizare*, Vol. II, Editura tehnică, București, 1980.
60. Meiss, H. K., — *Farbfernsehempfänger* — Telefunken Zeitung, anul 40(1967), caiet 3, pag. 167—188.
61. Ritter, J. — *Die Farbbildröhre A 63-11 X und einige ihrer Besonderheiten* — Telefunken Zeitung, anul 40 (1967), caiet 3, pag. 188—198.
62. Söllner, H. — *Die Ansteuerung der Farbbildröhre* — Telefunken Zeitung, anul 40 (1967), caiet 3, pag. 212—218.
63. Tischer, M. — *Was ist Landungsreserve?* — Funkschau 1978, caiet 17, pag. 102—105.
64. Friedrich, R., Nill, E. — *Heliochrom — Die helle und scharfe Farbbildröhre* — Elektronischau, 1978, caiet 4, pag. 20—23.
65. Wright, P. H., Fritz, K. — *Das Super Precision — In Line — Farbbildröhren — System* — Funkschau 1978, caiet 13, pag. 50—53.
66. Otten, W., Wölber, *Das 20 AX — System* — Funkschau 1974, caiet 9, pag. 299—302 și Funkschau 1974, caiet 10, pag. 374—376.
67. Nerstheimer, K. — *Abgleichsfreies Farbbildsystem in Pass* — Technik Funkschau 1978, caiet 25, pag. 74—78.
68. Fritz, K., — *Die weiterentwickelte PIL — Farbbildröhre vom Typ PIL-S4* — Funkschau 1979, caiet 11, pag. 61—64 și Funkschau 1979, caiet 12, pag. 81—84.
69. Bruch, W. — *Demodulation Circuits for PAL Colour Television Receivers* — Electronic Engineering Vol. 36 (1964), august, pag. 512—518, septembrie pag. 606—611.
70. Bruch, W., — *Prinzip und Wirkungsweise von Ultraschallverzögerungsleitungen für das PAL — und SECAM — Farbfernsehverfahren* Telefunken Zeitung, anul 38 (1965), caiet 1.
71. Köhler, A., Schiffel, R. — *Die für den PAL — Decoder an die Verzögerungsleitung gestellten Bedingungen* — Telefunken — Zeitung, anul 40 (1967), caiet 3.
72. Schönfelder, H., — *Die Farbsynchronisierung im NTSC* — Verfahren AEÜ 1964, caiet 6, pag. 355.
73. Șandor, L. — *A Videoton TS 3301 tipușu szines TV — vevökeszüléke Radiotechnika* 1981, caiet 1, pag. 23—28 și Radiotechnika 1981, caiet 2, pag. 81—83.
74. Bruch, W., Mahler, G. — *Laufzeitgleich in Codern und Decodern der Farbfernsehtechnik* — Telefunken Zeitung, anul 38 (1965), caiet 1, pag. 23—36.
75. Schulz, H. W. — *Kurzzeit — Verzögerungsleitung für Farbfernsehempfänger* — Siemens Bauteile — Informationen, 1967 caiet 3, pag. 76—78.
76. Meyer, H. — *Videoendstufen mit geringer Verlustleistung* — Funkschau, 1976, caiet 22.

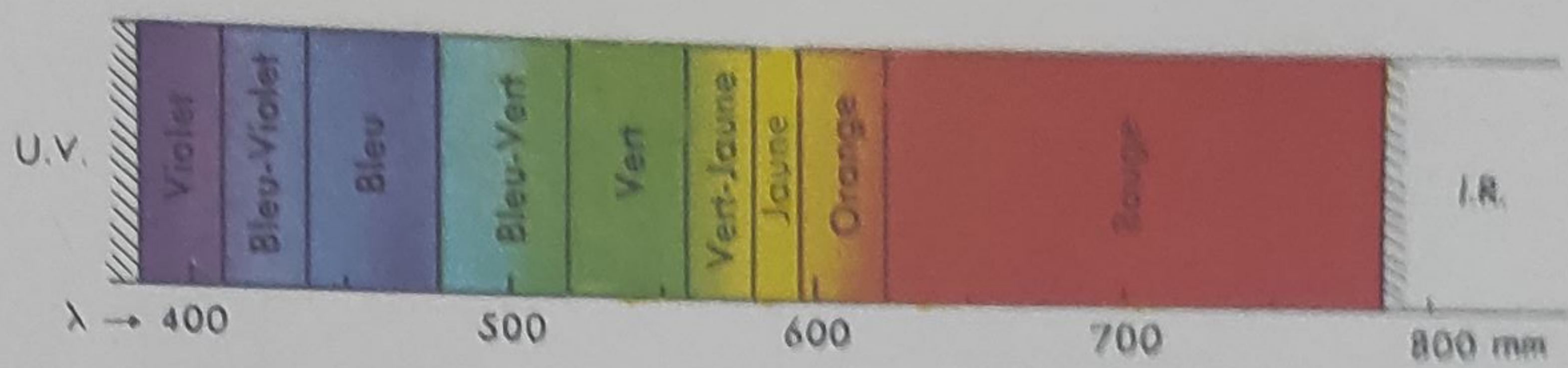
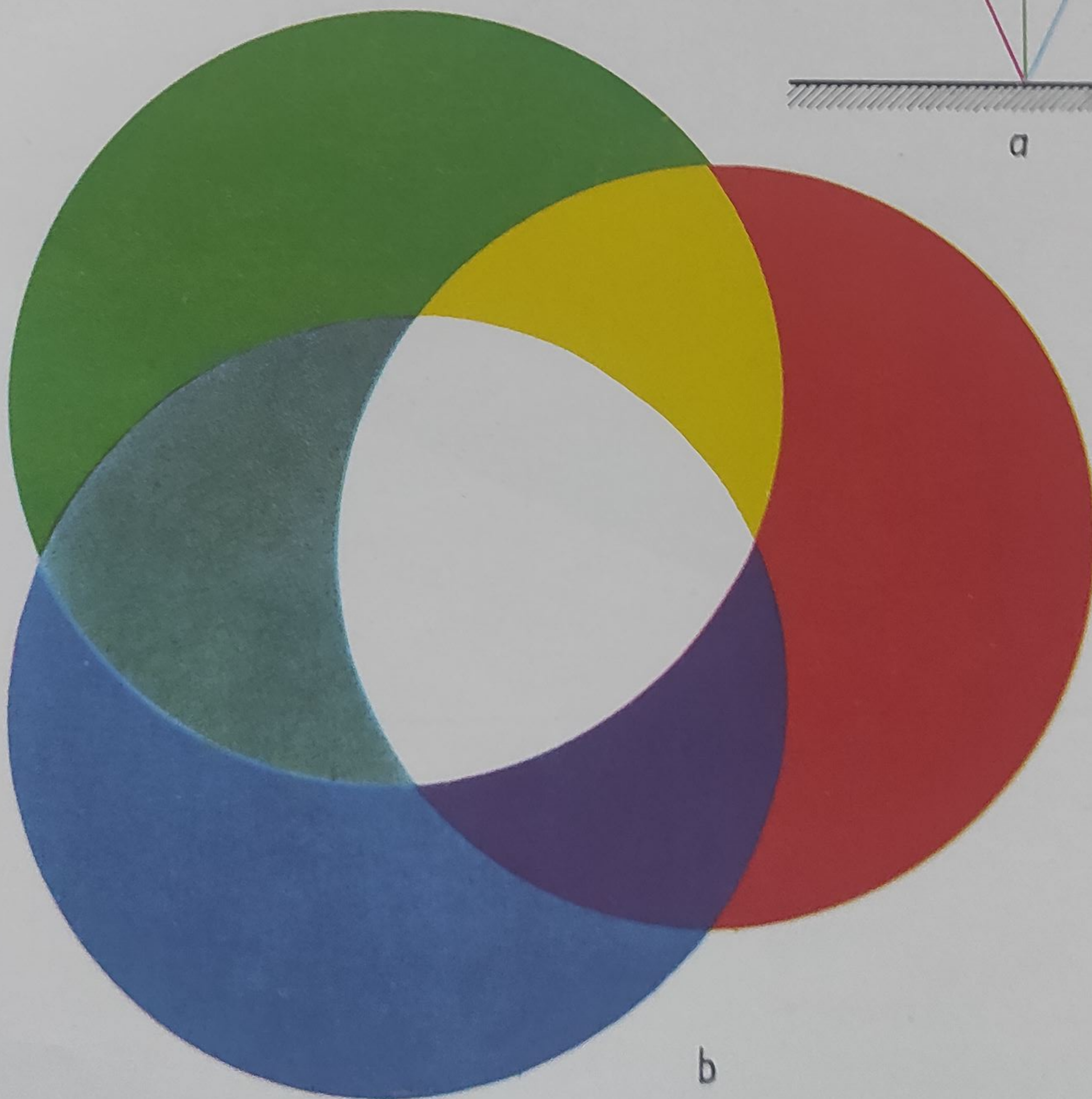
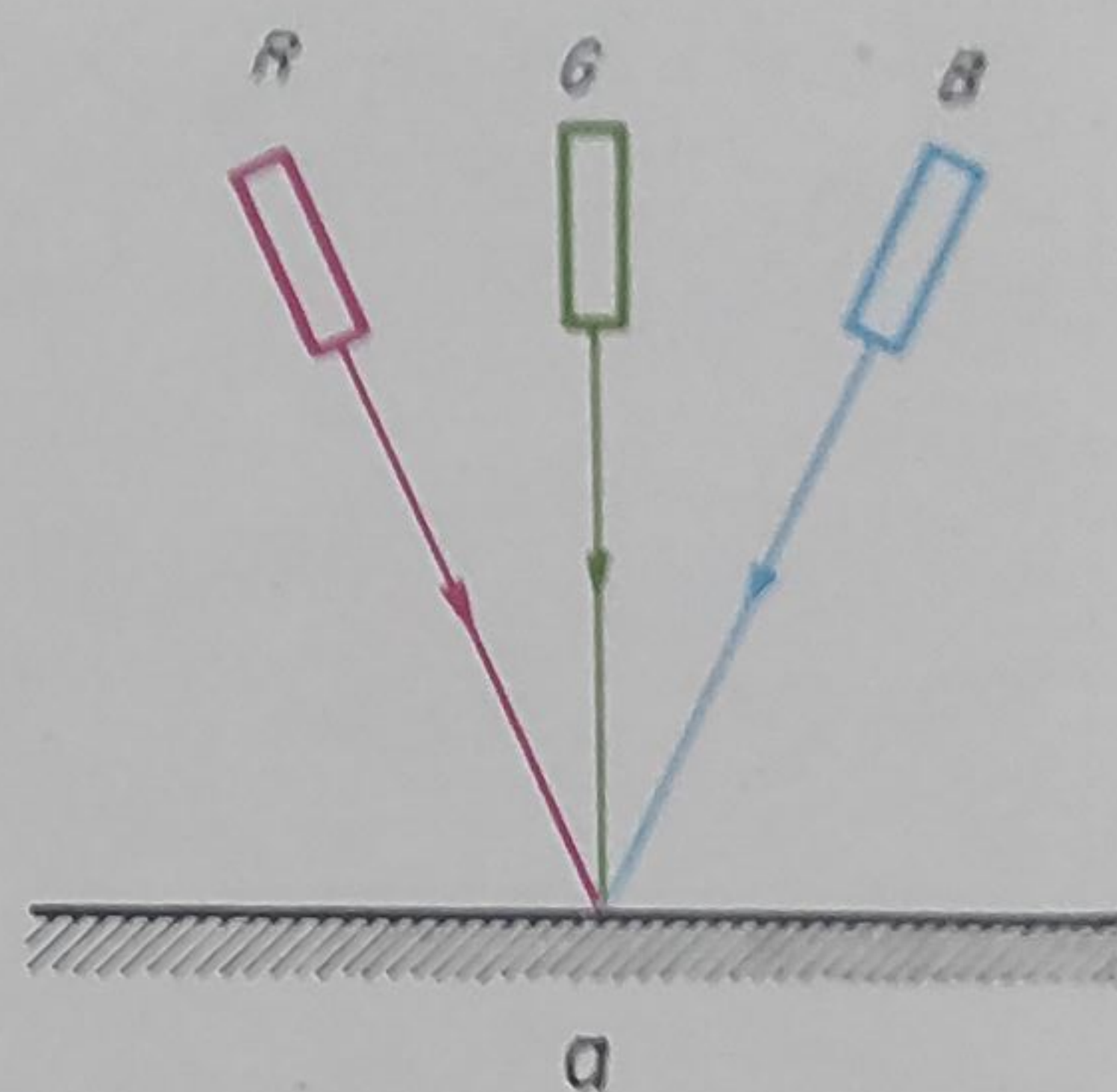


Fig. 2.1. bis Spectrul radiațiilor electromagnetice.

Fig. 3.1. Metoda simultană de amestec a culorilor:
 a — schema de combinare; b — culorile amestecului.



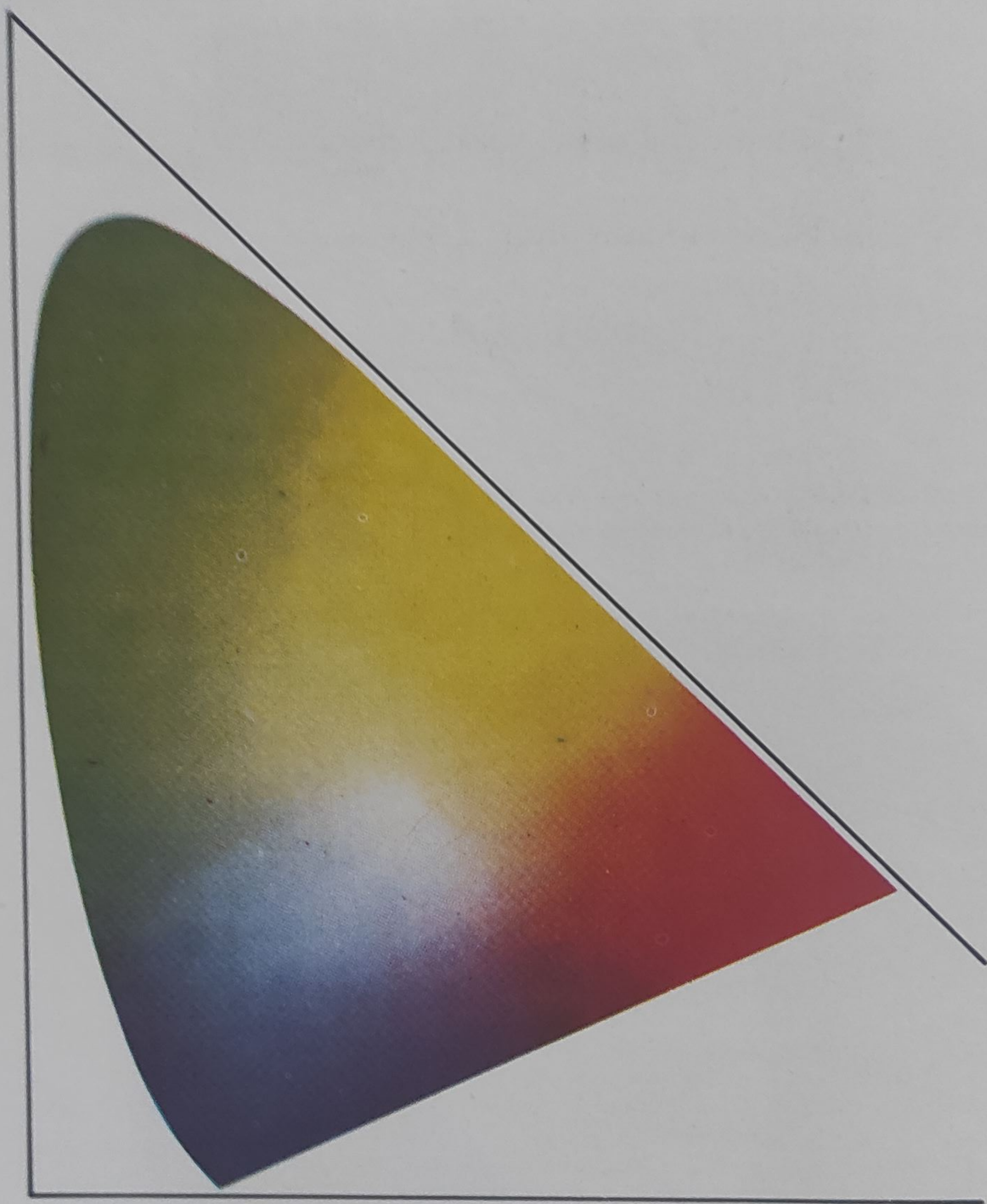


Fig. 4.5. bis Reprezentarea culorilor

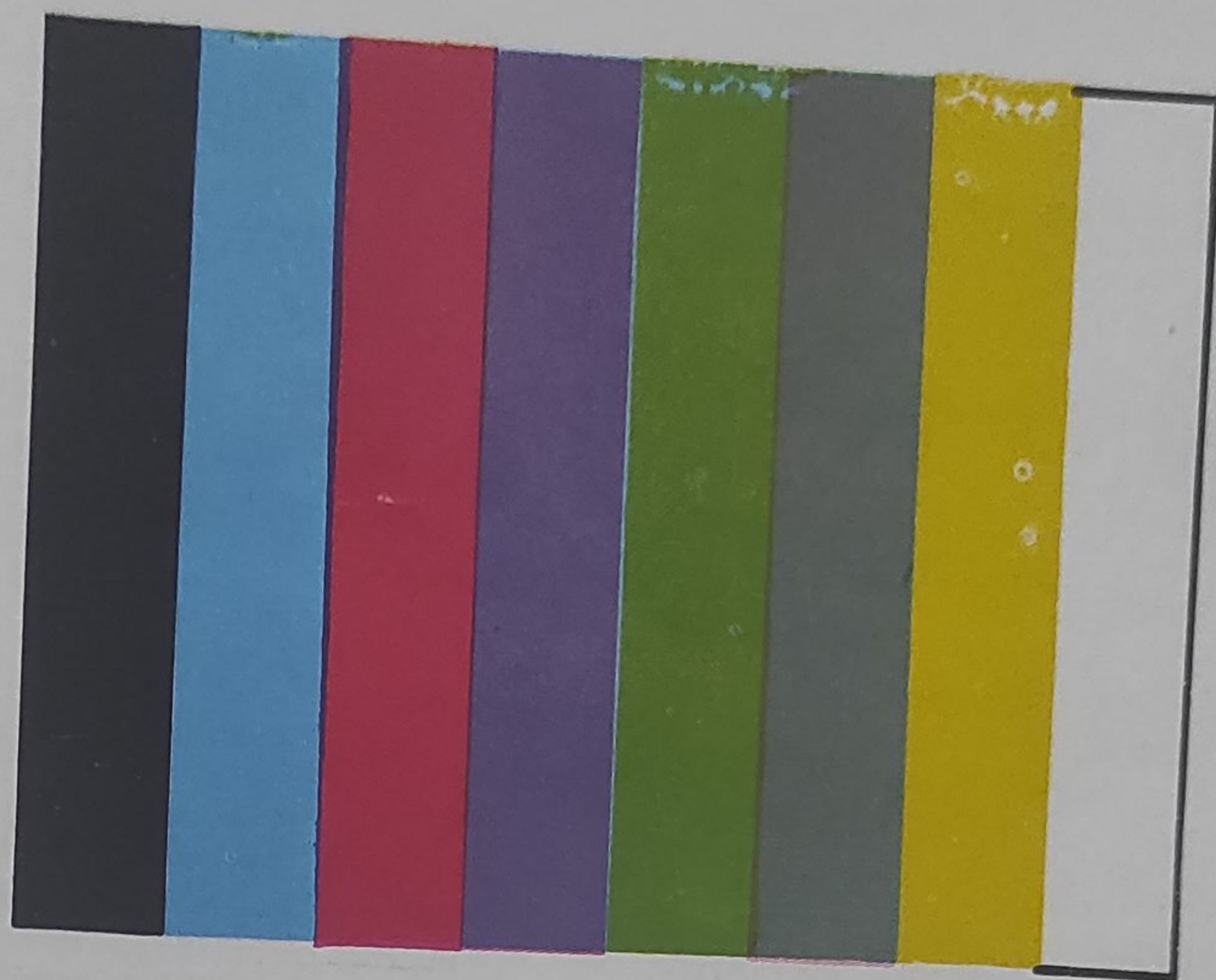


Fig. 6.7. Imaginea mirei de control sub formă de bare color.

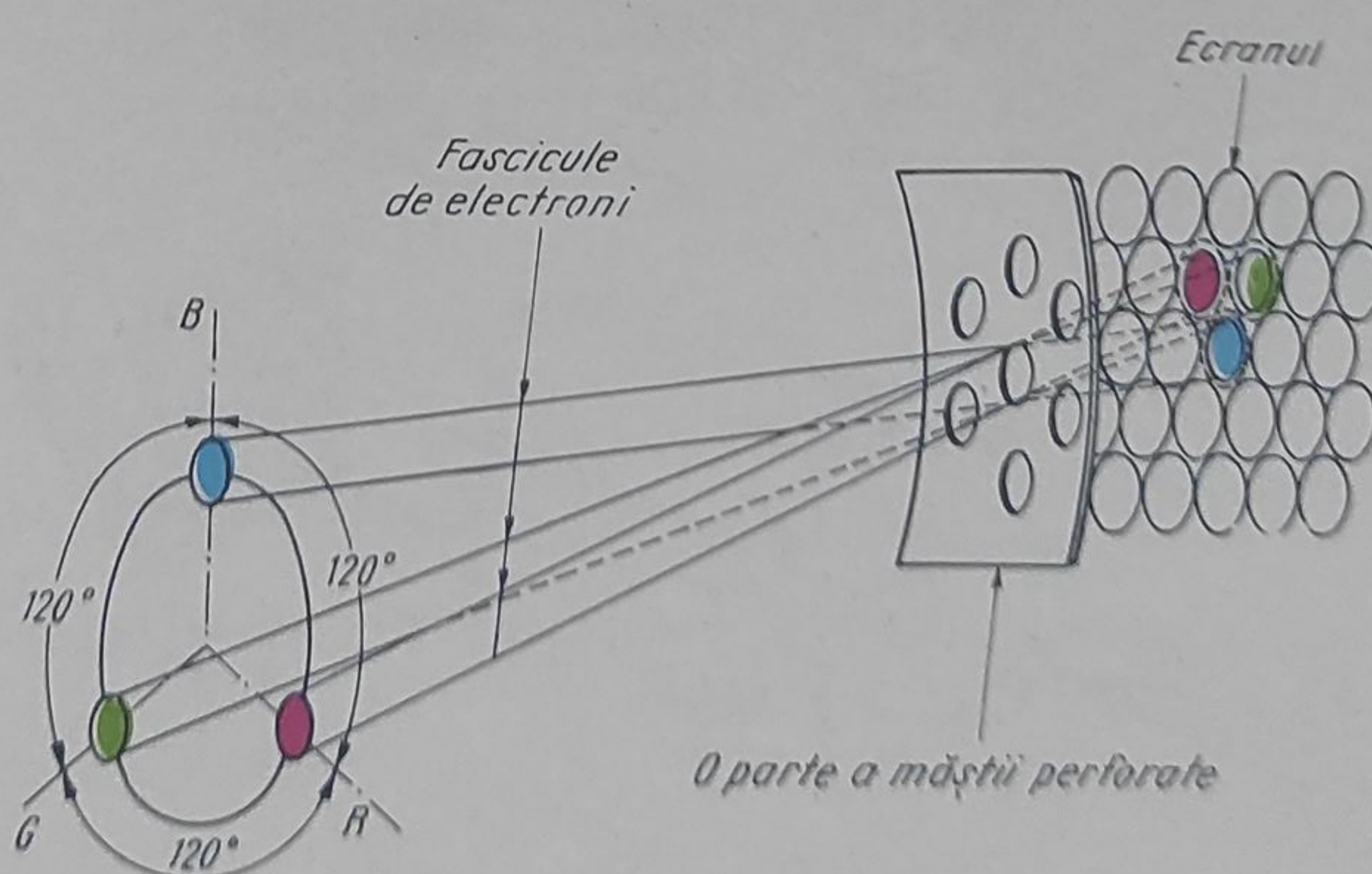


Fig. 12.1. Reprezentare principală a celor 3 fascicule de electroni într-un tub cinescop tri-crom „delta”.

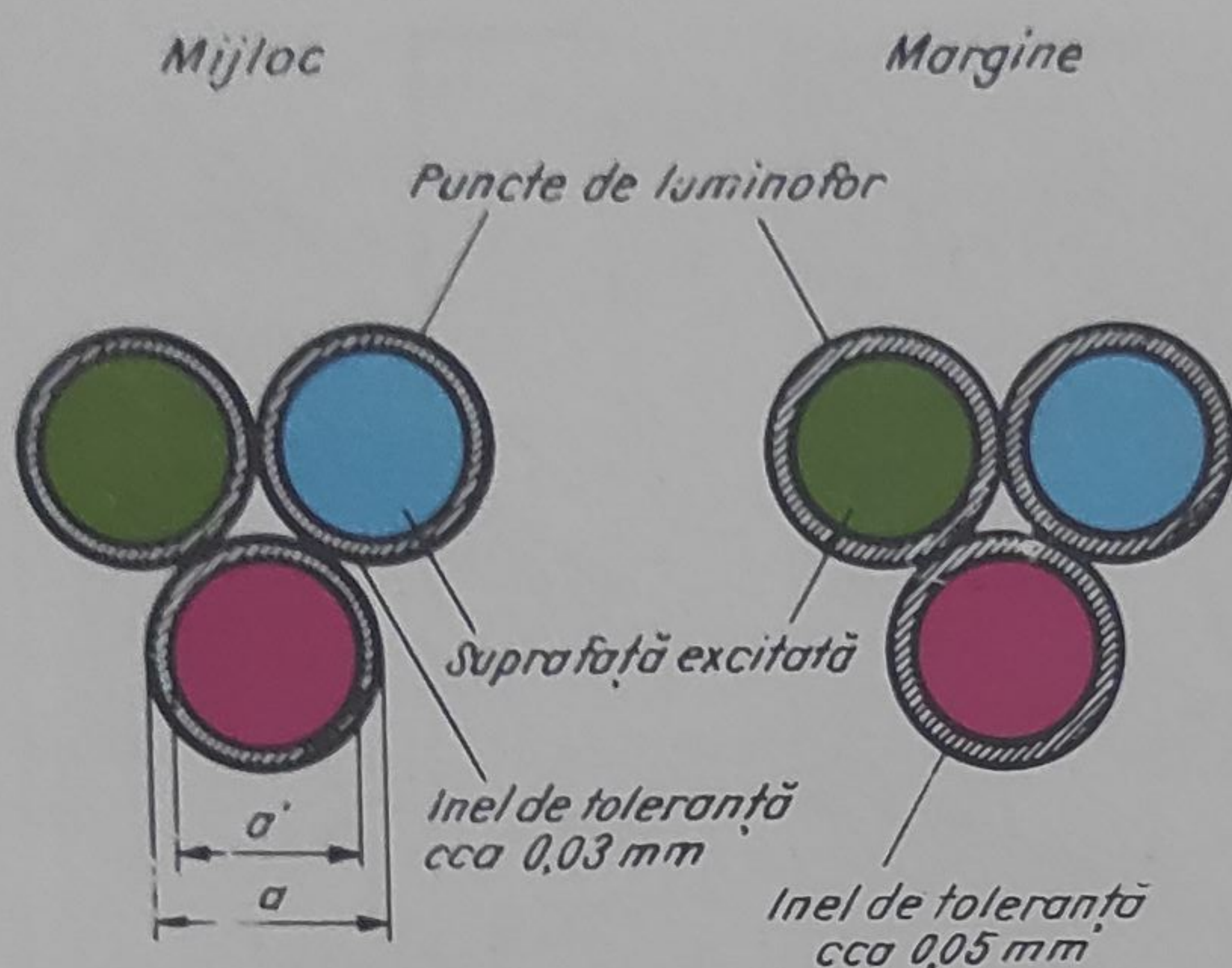


Fig. 12.5. Reprezentare schematică a inelului de toleranță între luminozor și fascicul de electroni.

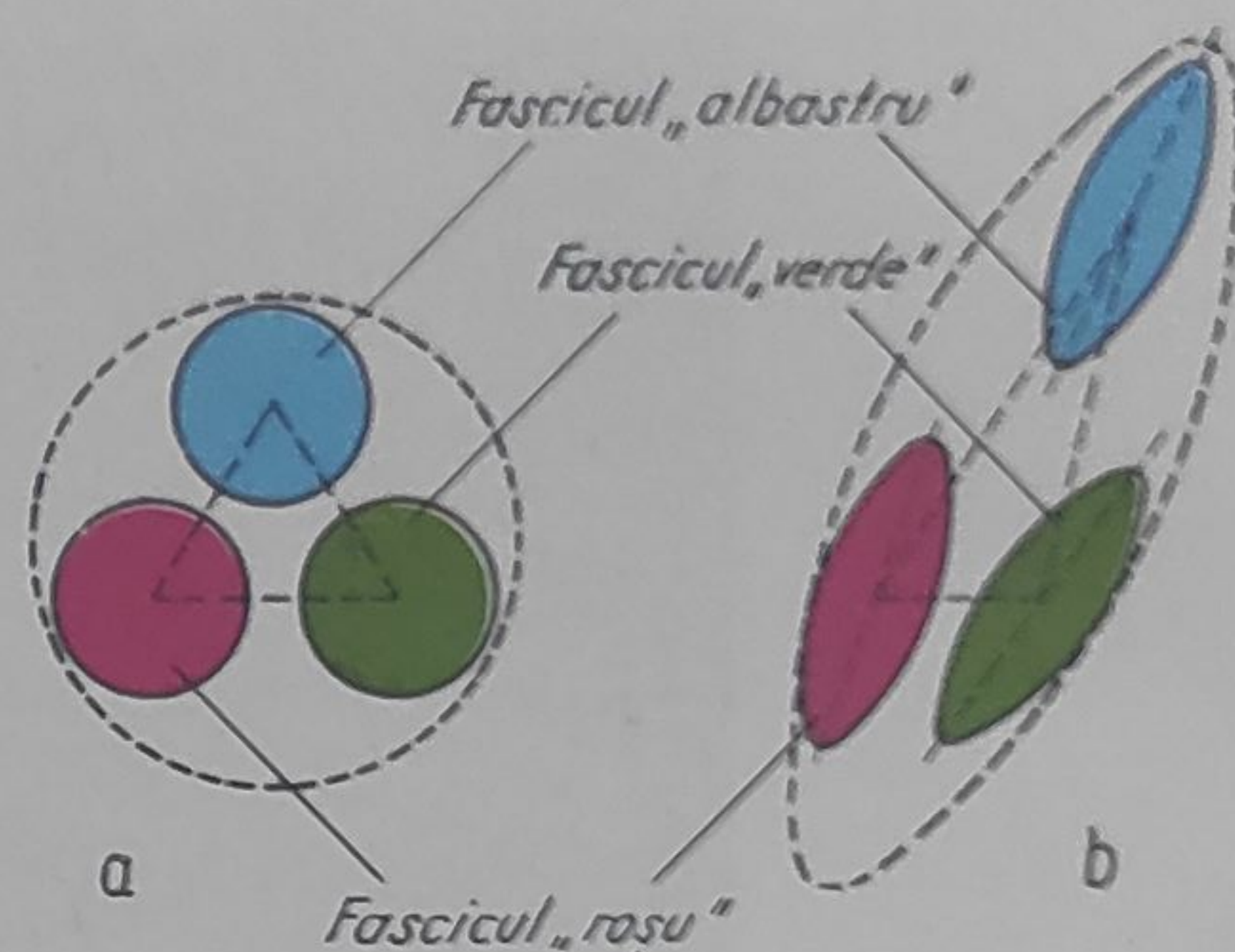


Fig. 12.10. Modificarea secțiunii și a poziției relative a celor trei fascicule de electroni într-un câmp neomogen: *a* — înainte de intrarea în câmpul de deflexie; *b* — după ieșirea din câmpul de deflexie.

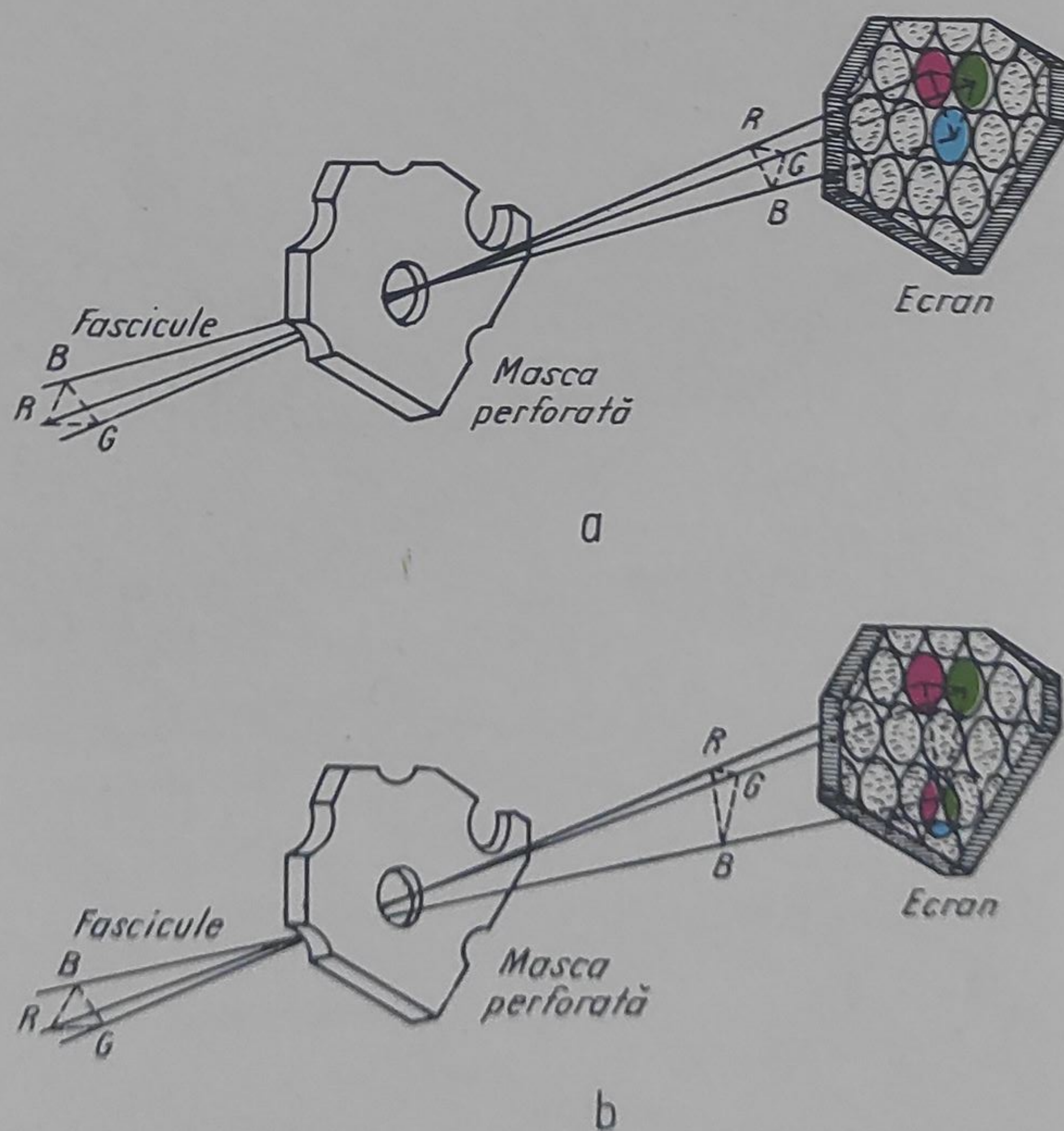


Fig. 12.13. Reprezentare principală a încreșării fasciculelor de electroni în planul măștii: *a* — în cazul unui reglaj perfect; *b* — în cazul unui reglaj imperfect; cu eroare de convergență.

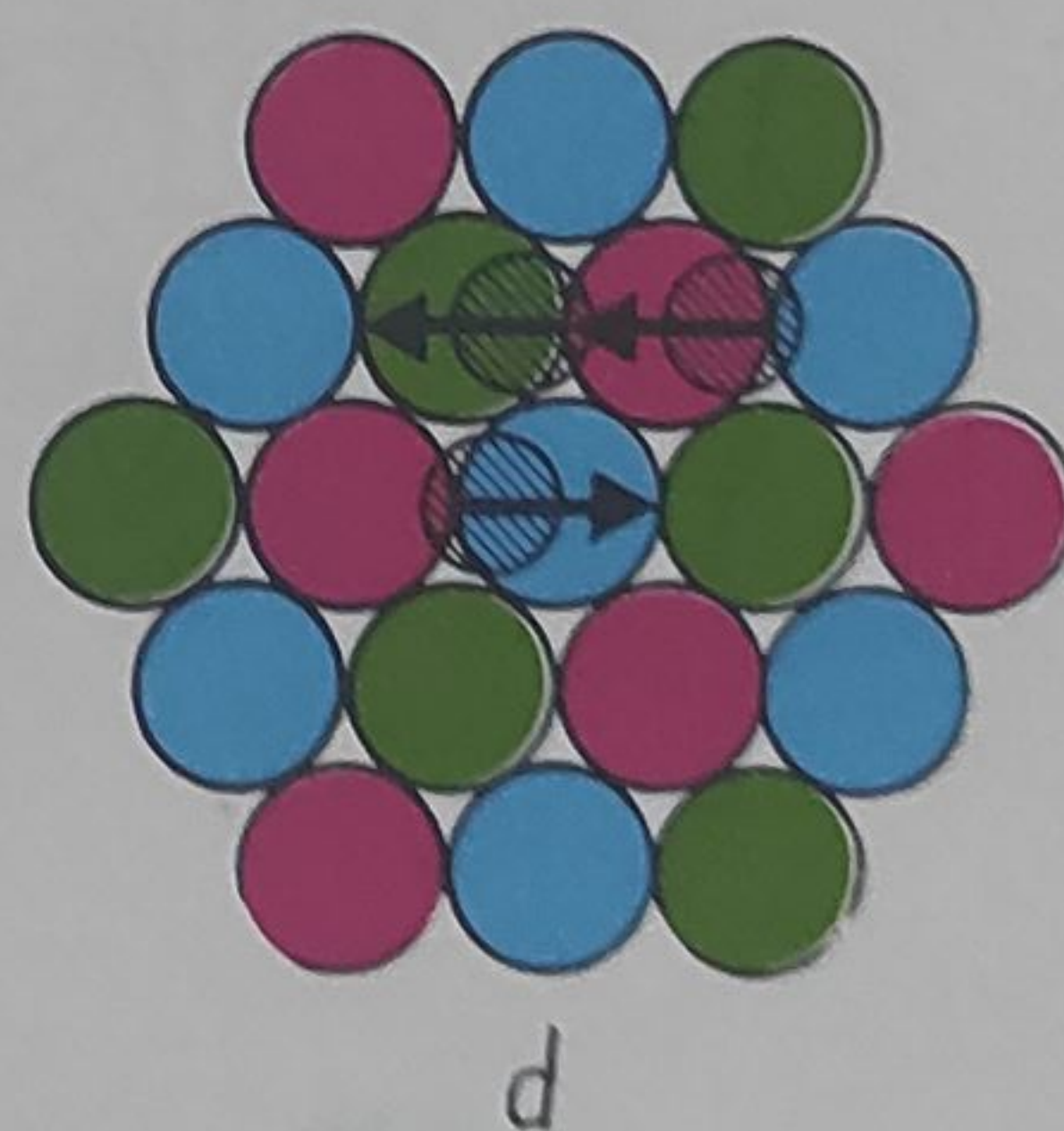
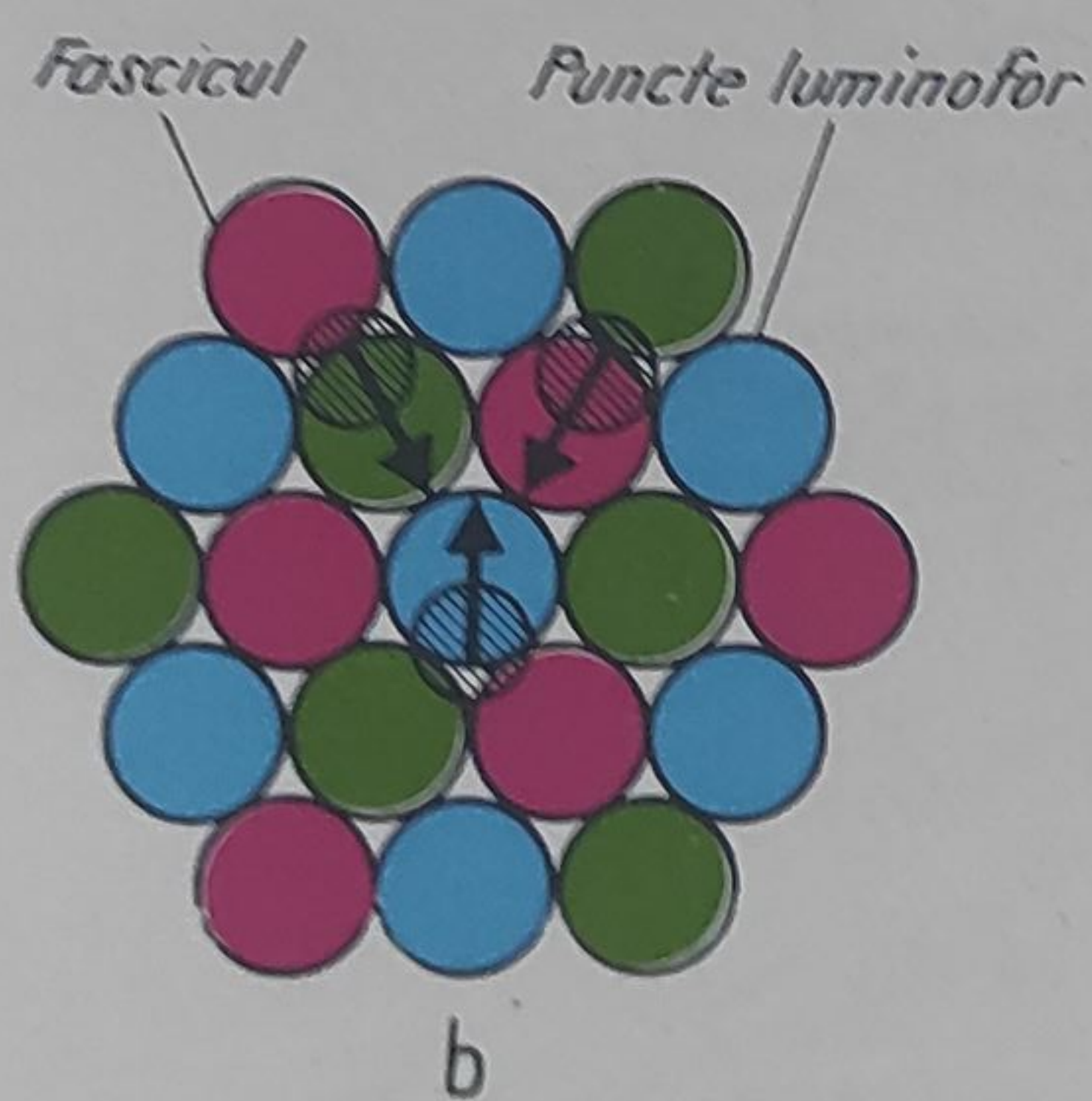
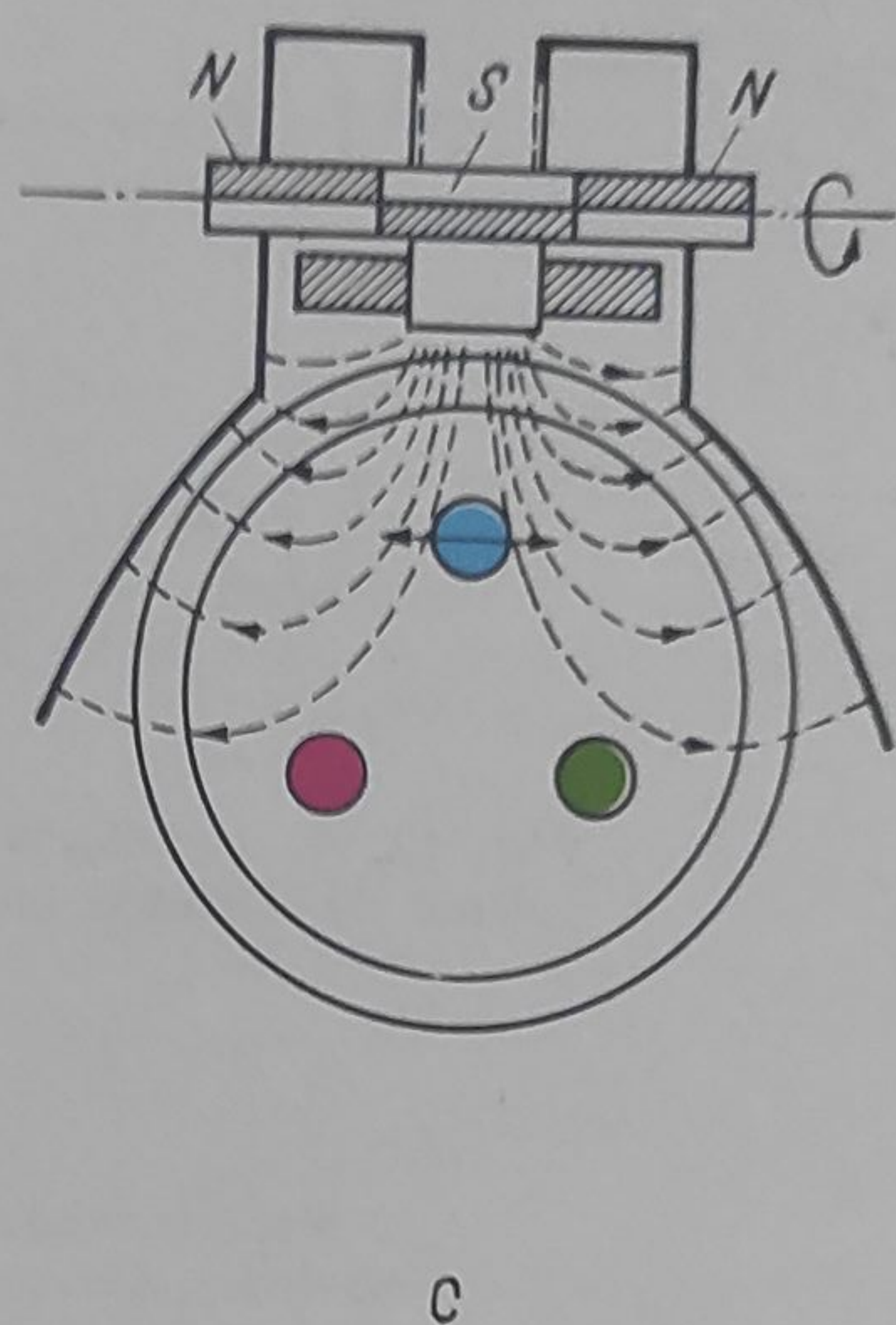
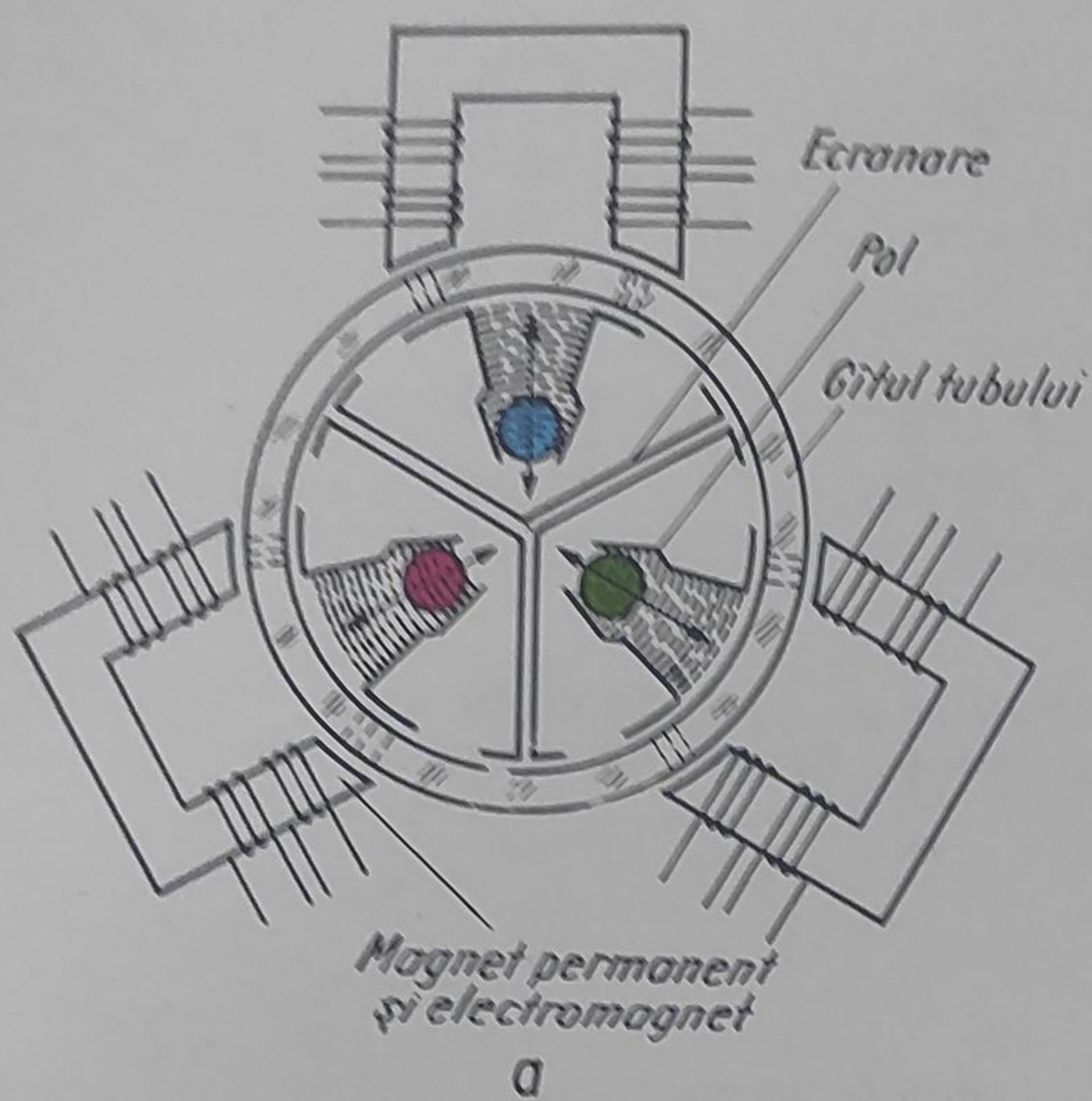


Fig. 12.15. Convergența radială și laterală: *a* — unitate de reglaj a convergenței radiale; *b* — modul de deplasare a spotului pe ecran în cazul reglării convergenței radiale; *c* — unitate de reglaj a convergenței laterale, *d* — modul de deplasare a spotului pe ecran în cazul reglării convergenței laterale.

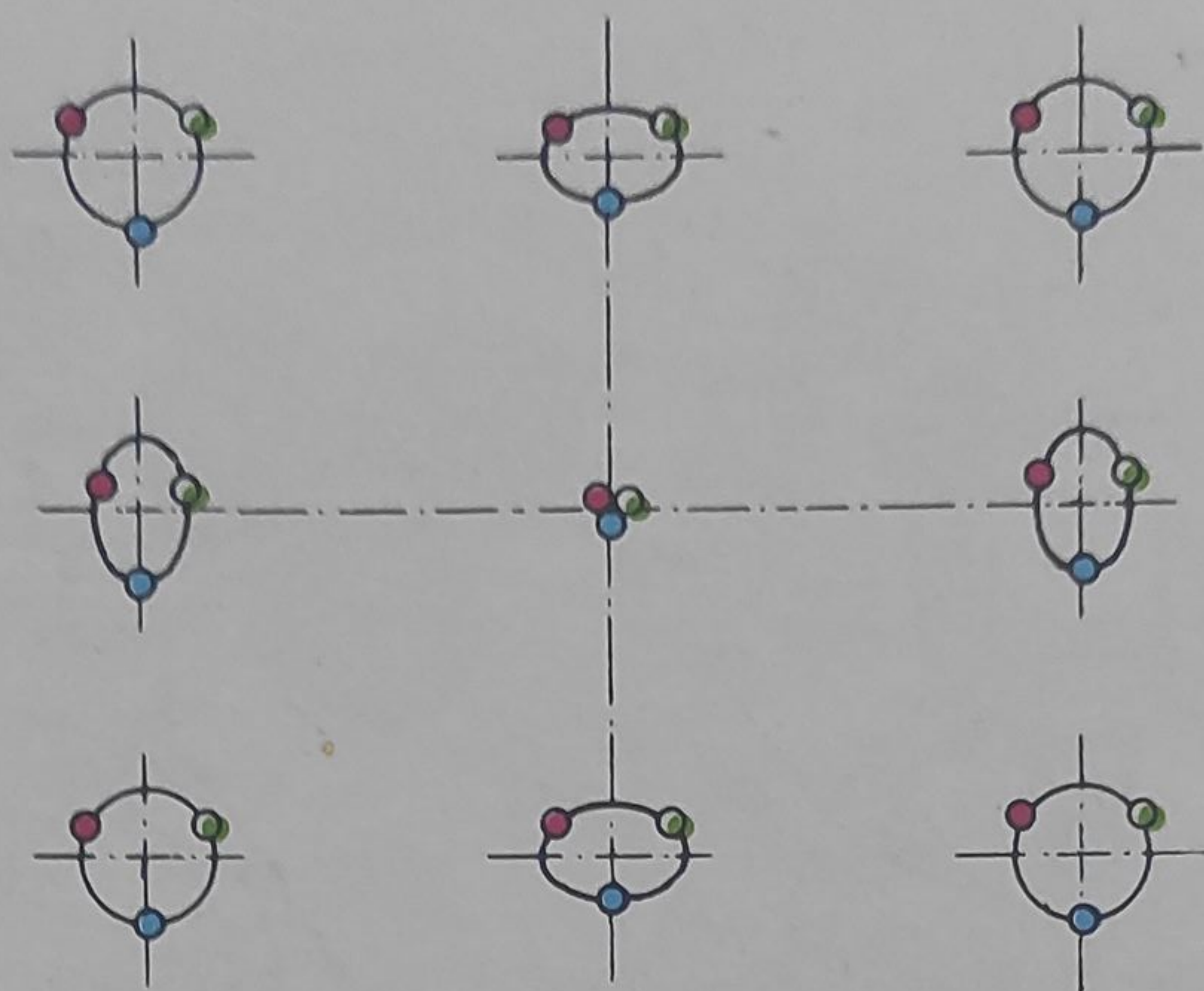
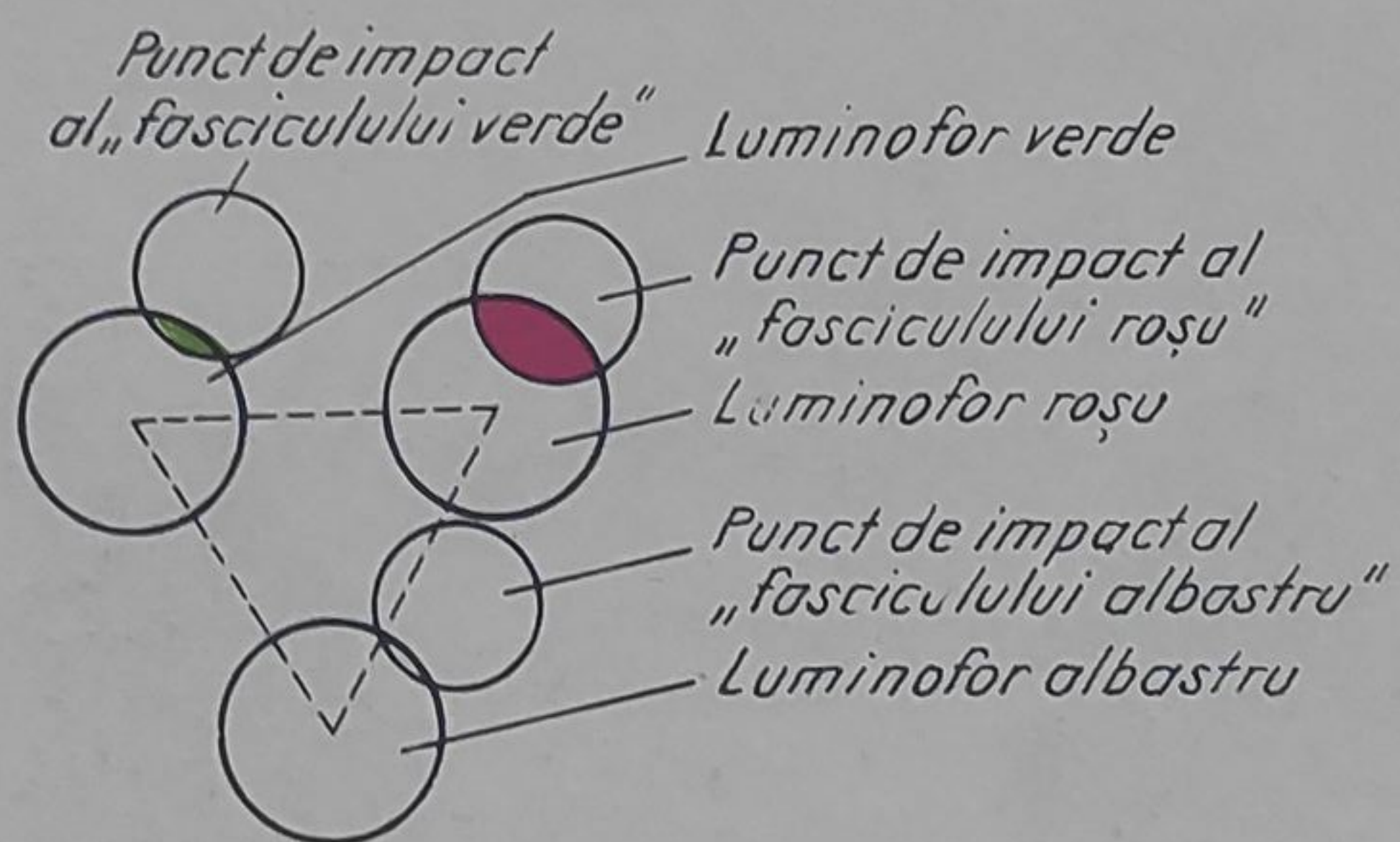
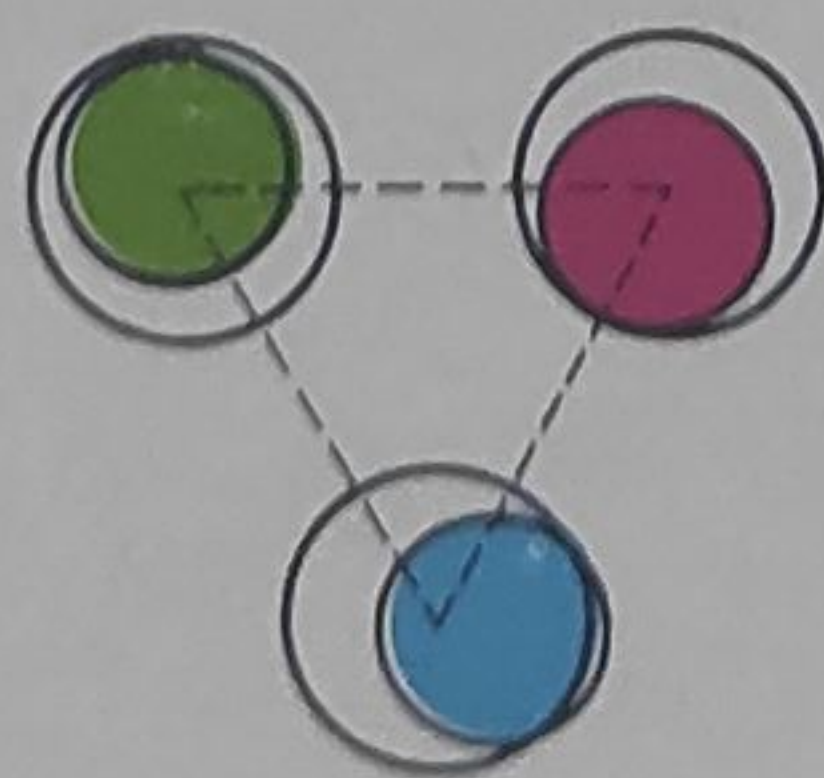


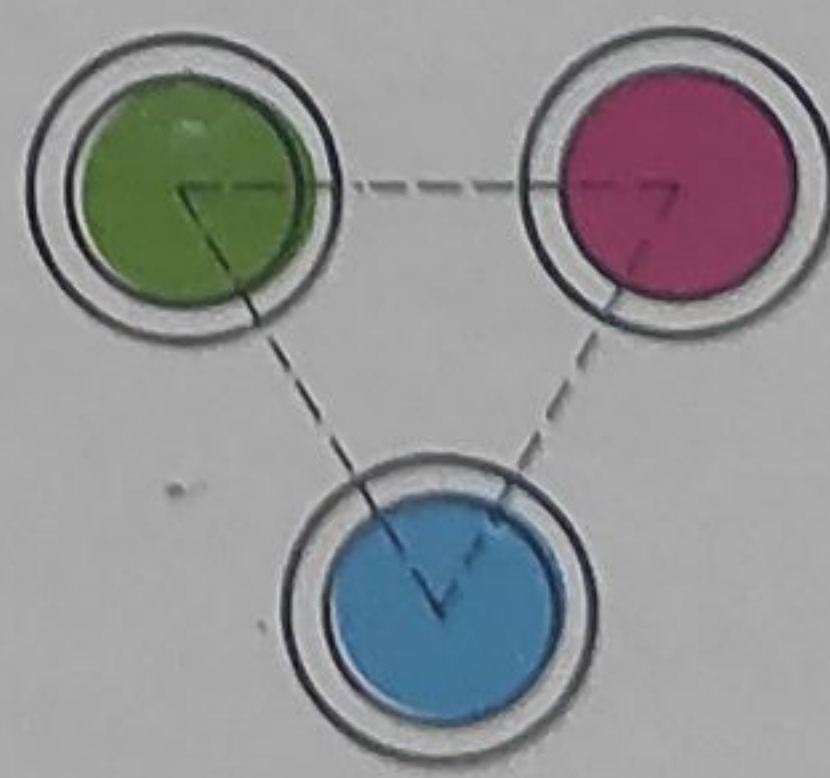
Fig. 12.16. Incidența fasciculelor pe ecran în cazul unui câmp de deflexie anastigmatic pe direcția diagonalelor.



a



b



c

Fig. 12.18. Incidența fasciculelor și aprecierea purității culorilor: a — inacceptabilă; b — acceptabilă; c — ideală.

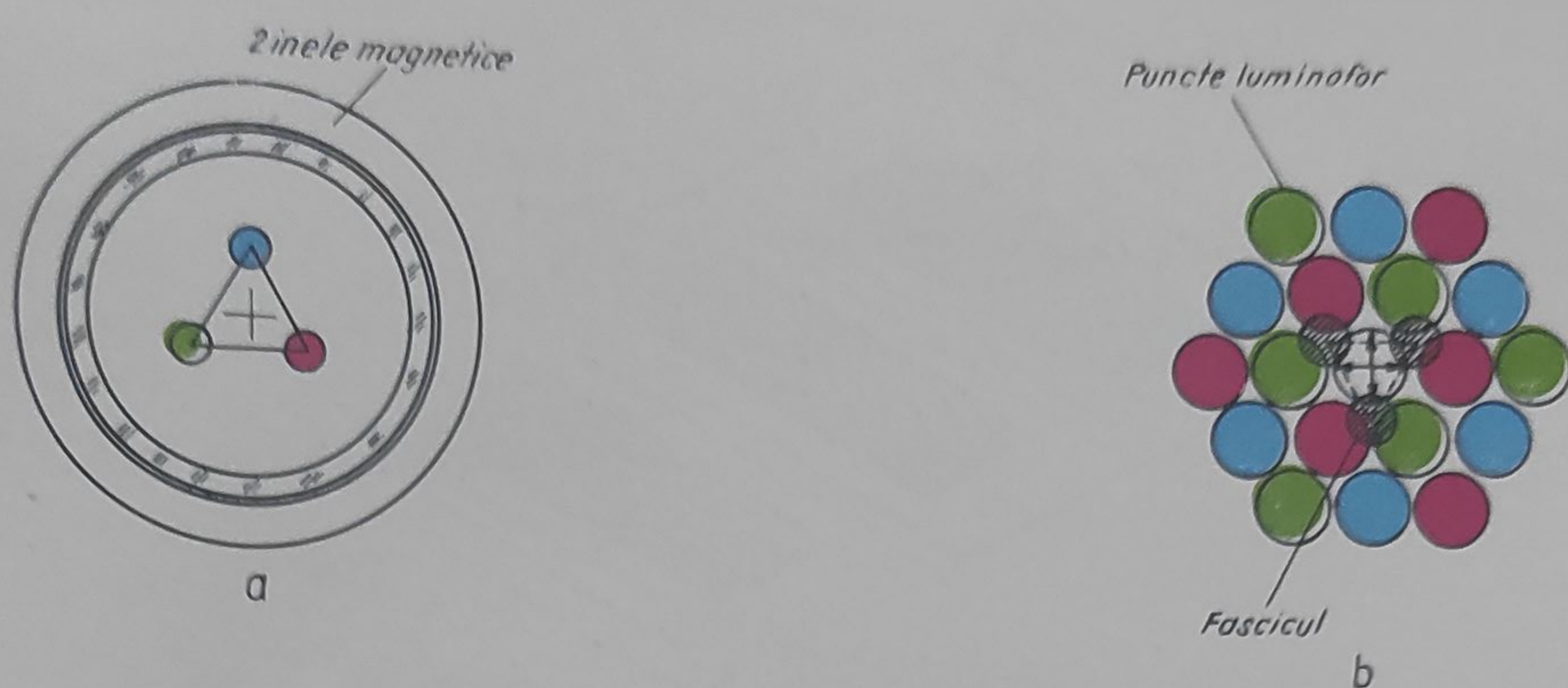


Fig. 12.19. Puritatea culorilor: *a* — reprezentare schematică a magneților de puritatea culorilor, *b* — modul de deplasarea spoturilor pe ecran în cazul reglării purității culorilor.

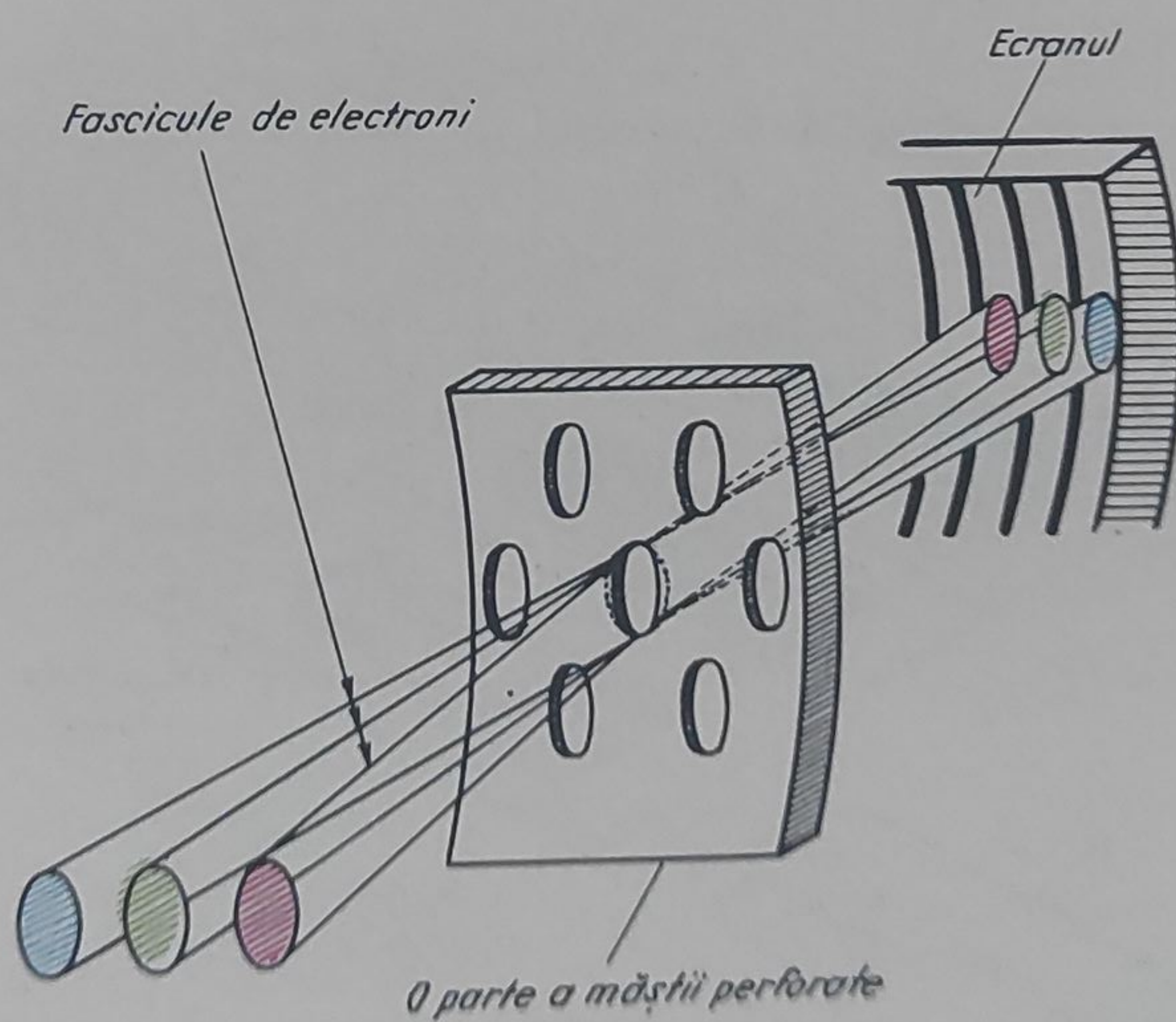
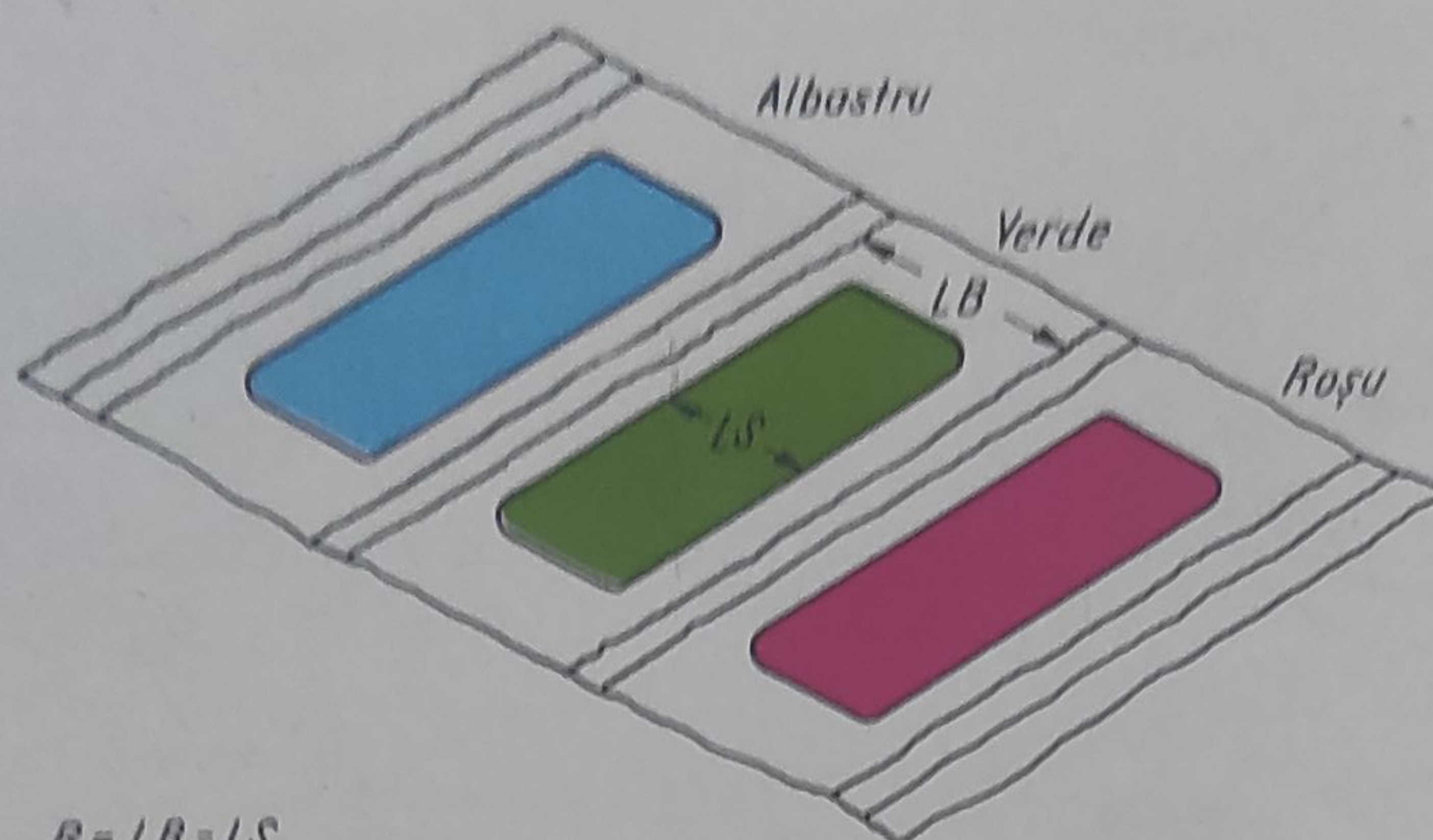


Fig. 12.26. Reprezentare principială a celor trei fascicule de electroni într-un tub cinescop în culori „In Line”.



$$R = LB - LS$$

LB = lățimea benzii la luminofor

LS = lățimea suprafeței de incidență

Fig. 12.27. Rezerva de incidență.

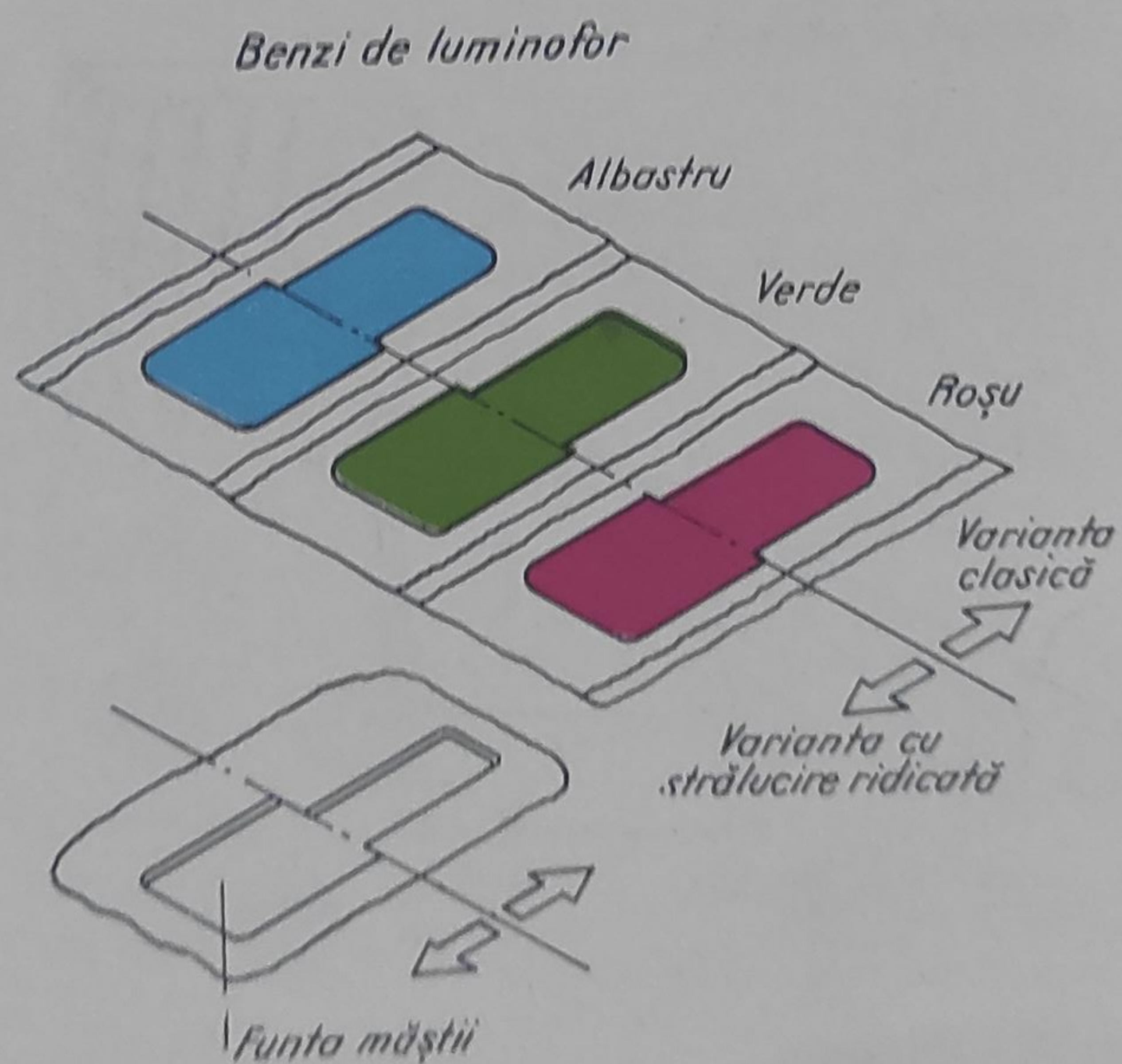


Fig. 12.28. Reprezentarea benzilor de luminofor și a fantelor măștii.

Lei 28

